EISHÖHLEN-

UND

WINDRÖHREN-STUDIEN

VON

Prof. **HANS CRAMMER**

IN WIENER-NEUSTADT

MIT 5 TAFELN

Inhalt

Seite

Einleitung . . . . . 19 [5]
Das Tablerloch . . . . . 19 [5]
1. Allgemeine Bemerkungen über die angestellten Beobachtungen . . . . 22 [8]
2. Beobachtung der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft vor und in der Höhle . . . . . 23 [9]
3. Beobachtung der Luftbewegung vor und in der Höhle . . . . . 24 [10]
4. Tropfwasserbeobachtungen . . . . . 26 [12]
5. Schnee im Freien, im Trichter und in der Höhle . . . . . 26 [12]
6. Beobachtungen über Eis- und Reifbildungen . . . . . 27 [13]
7. Kälte- und Wärmeperioden . . . . . 34 [20]
8. Vertheilung der relativen und absoluten Feuchtigkeit während der verschiedenen Perioden . . . . . 41 [27]
a. in den Wärmeperioden . . . . . 41 [27]
b. in den Kälteperioden . . . . . 42 [28]
9. Jährlicher Gang der Temperatur und der Feuchtigkeit im Freien und in der Höhle 43 [29]
10. Eis und Reif . . . . . 57 [43]
Andere Höhlen . . . . . 60 [46]
1. Das Gipsloch auf der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt . . . . . 60 [46]
2. Das Windloch auf der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt . . . . . 61 [47]
3. Der Eiskeller auf der Rax . . . . . 61 [47]
4. Die Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm nächst Gams in Ober-Steiermark . . . . . 62 [48]
5. Die Eishöhle am Beilstein bei Gams . . . . . 63 [49]
6. Das Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab . . . . . 64 [50]
7. Die Eiskammer in der Frauenmauer und die Frauenmauerhöhle . . . . 65 [51]
8. Die Kolowratshöhle im Untersberg bei Salzburg . . . . . 70 [56]
9. u. 10. Das Taubenloch und die Seelucken im Oetscher . . . . . 71 [57]
11. Das Nixloch bei Hallthurm in Bayern . . . . . 72 [58]
Allgemeine Schlüsse . . . . . 73 [59]

Beilagen

Tafel I. Tabelle A. Temperaturen
Tabelle B. Feuchtigkeit } im Tablerloch
Tabelle C. Tropfenfall

Tafel II. Fig. 1 bis 49. Temperatur- und Feuchtigkeitsdiagramme

Tafel III. Fig. 1 bis 8. Jährlicher Gang der Temperatur
Fig. 9 bis 12. Jährlicher Gang der relativen Feuchtigkeit
Fig. 13 bis 16. Jährlicher Gang der absoluten Feuchtigkeit
Fig. 17. Temperaturgefällscurven in der Höhlensohle

Tafel IV. Fig. 1 und 2. Verticalschnitt und Plan des Tablerlochs
Fig. 3 und 4. Verticalschnitt und Plan des Eiskellers
Fig. 5 und 6. Verticalschnitt und Plan der Beilsteinhöhle

Tafel V. Fig. 1 und 2. Geoisothermen
Fig. 3. Verticalschnitt durch die Kolowratshöhle
Fig. 4. Schematischer Verticalschnitt durch das Taubenloch
Fig. 5 und 6. Verticalschnitt und Plan durch die Eiskammer in der Frauenmauer
Fig. 7 bis 12. Schematische Verticalschnitte durch Windröhren etc.

(Gedr. 22. IV. 1899)

EINLEITUNG

«Mehrere Eishöhlentheorien stehen sich entgegen, allein sie vermögen nur die Erscheinungen in bestimmten Höhlen zu erklären, während sie bei anderen Höhlen nicht mehr ausreichen. Das Beobachtungsmaterial ist ein viel zu dürftiges, und der wissenschaftliche Streit wird noch lange auf der Tagesordnung bleiben, wenn es nicht gelingt, aus mehreren Localitäten Beobachtungsreihen zu erhalten, welche mindestens ein ganzes Jahr umfassen. Aber auch diese würden nicht genügen, wenn die Beobachter selbst nicht unbefangen genug sind, um auch jenen Nebenumständen Rechnung zu tragen, welche gegen die eine oder die andere Lieblingstheorie sprechen würden. Es ist nicht unnöthig, dies zu betonen, denn derlei Fälle sind oft genug vorgekommen und haben mehr verwirrt als genützt.»

Diese Worte des Höhlenforschers Franz Kraus[1]) haben mir die Anregung zu einem eingehenden Studium der Eishöhlen gegeben. Meine Wahl fiel zunächst auf das Tablerloch, weil diese Eishöhle meinem Wohnorte Wiener-Neustadt nahe liegt, von dort leicht zu erreichen ist, und daher die Möglichkeit eines häufigen Besuches gegeben war. Später habe ich auch andere Eishöhlen besucht, jedoch die meisten von ihnen nur einmal, und da ich fand, dass manche in gewissen Beziehungen zu Windröhren stehen, dehnte ich die Untersuchung auch auf diese aus.

DAS TABLERLOCH

Diese Höhle nimmt hinsichtlich der eingeschlossenen Eismenge keinen hervorragenden Platz ein, da das größte von mir an einem Tage gefundene Quantum kaum ein Volumen von 3 m^3 besaß. Das hatte aber den Vortheil, selbst geringe Veränderungen am Eise leicht und bestimmt wahrnehmen zu können. Ebenso günstig für die Beobachtung waren die nicht zu großen Dimensionen der Höhle. Ein Besuch ist von Wiener-Neustadt, wie von Wien, in einem Tage leicht durchzuführen. Die Fußwanderung beginnt bei der Haltstelle Miesenbach der Bahnlinie

---

[1]) F. Kraus: «Die Veränderungen in der Eishöhle am Beilstein.» Globus LIX. 344.

Ebenfurth-Gutenstein und erfordert je nach den Weg-, beziehungsweise Schneeverhältnissen $1^3/_4$—$4^1/_2$ Stunden.

Das Tablerloch befindet sich in der Dürren Wand, einem langgestreckten Bergzuge, dessen Grat von Südwest nach Nordost streicht und bis 1222 *m* Höhe ansteigt. Zu beiden Seiten der Kammlinie fallen die bewaldeten Hänge steil ab, besonders der nordwestliche, der an seinen höchsten Stellen in Felswände aus undeutlich geschichtetem Kalk übergeht. Am Fuße eines solchen felsigen Absturzes liegt in etwa 1060 *m* Seehöhe der Eingang in unsere Eishöhle. [1])

Durch eine mit der Spitze nach oben gerichtete dreieckige Oeffnung von 7 *m* Breite und $3{\cdot}_5$ *m* Höhe gelangt man sofort in einen weiteren Raum, dessen Sohle eine Neigung von 30^0 hat. Siehe Taf. IV, Fig. 1 und 2. An Höhe und Breite zunehmend, weicht die Höhle von ihrer ursprünglich rein südlichen Richtung mehr gegen West ab; sie geht in eine geräumige Halle über, deren Boden annähernd horizontal und mitten hindurch in der Richtung von *e* über die Côte — $25{\cdot}_1$ gegen *g* von einer grabenartigen Vertiefung, die im folgenden als «Graben» bezeichnet wird, durchzogen ist. Nirgends tritt an der Sohle anstehender Fels hervor, überall setzt man den Fuß auf losen Schutt oder größeres Trümmerwerk. Der tiefste Punkt *g* der Sohle liegt 22 *m* tiefer, als die Schwelle des Einganges. In der Horizontalen, nach der Krümmung gemessen, erstreckt sich der Hauptraum der Höhle 50 *m* in das Gestein. Der Hallendurchmesser erreicht 23 *m*. Ein Versuch, die Hallenhöhe mittelst eines kleinen Fesselballons zu messen, misslang. Nach Schätzung beträgt diese Höhe im Maximum 15 *m*.

Die Form eines schief abwärts hängenden, oben offenen, unten geschlossenen Sackes hat die Höhle nicht immer besessen. Früher war der Eingang weiter, seine Schwelle und die ganze Höhlensohle lagen tiefer, und das Gefälle der letzteren war sanfter. Erst nachdem das Wasser, das durch Erweiterung von Klüften und Schichtfugen die Höhle schuf, andere Wege gefunden hatte, konnte eine Ansammlung der von der Decke stürzenden Trümmer und eine Erhöhung der Sohle vor sich gehen, wie wir sie heute vorfinden. Die Decke rückte bei diesem Vorgange in die Höhe, jedoch nicht so rasch, wie die von Zwischenräumen durchsetzte Anschüttung am Boden, weshalb die lichte Höhe der Höhle kleiner wurde. In der Nähe des Einganges machte die Erhöhung der Sohle die größten Fortschritte, weil sich hier zu dem von der Decke stürzenden Materiale jenes Trümmerwerk gesellte, das von außen in die Höhle kollerte. Verfolgt man den Fuß der früher erwähnten Felsabstürze der Dürren Wand, so schreitet man nemlich stets über eine mit Wald bestandene Schutthalde, die sich überall an die Felswand anlehnt. Nur bei der Höhle war dies nicht möglich, dort böschte sich der Schutt nicht nur gegen die Thalseite, sondern auch bergwärts, in die Höhle hinein ab und bildete einen Damm, dessen Krone *a* dem Eingang vorgelagert ist und gegenwärtig bereits den Scheitel der Höhlenpforte überragt. Siehe das Profil Fig. 1. Auf diese Weise erhielt die Höhlensohle die größte Steilheit beim Eingang, und vor diesem

---

[1]) E. Fugger hat in den Jahren 1891—1893 in dem 24. bis 26. Jahresbericht der K. K. Oberrealschule in Salzburg eine werthvolle Abhandlung: «Eishöhlen und Windröhren», veröffentlicht, die ich noch öfter citieren werde. Im I. Theil, Seite 25, wird die Höhe des Tablerloches über dem Meere irrthümlich mit nur 600 *m* angegeben, was ungefähr der Höhe über der Thalsohle entspricht.

entstand ein trichterartiger Vorraum. Rechnet man die Höhlentiefen von dem tiefsten Punkte *a* der Krone des Dammes, was bei der Côtierung des Grundrisses und Längsschnittes Fig. 1 und 2 durchgeführt wurde, so ergibt sich für den tiefstgelegenen Punkt *g* der Hallensohle ein Verticalabstand von $26{\cdot}_9$ *m*.

Die äußere Böschung des erwähnten Schuttdammes ist mit Humus bedeckt und bewaldet. Auch auf der Böschung, die in die Höhle abfällt, liegt im oberen Theil Erde, die durch Regen- und Schmelzwasser aus dem Trichter in die Höhle geschwemmt worden ist. Die Räume zwischen dem Trümmermaterial sind also an der Außenseite des Walles überall, an der Innenseite aber größtentheils mit Erde verlegt, so dass durch den Damm, wenn überhaupt, nur eine sehr geringfügige Luftströmung stattfinden kann. In welcher Tiefe unter dem Damme der Fels ansteht, das entzieht sich der Beurtheilung.

Mit der hallenartigen Erweiterung endet die Höhle nicht. An den Hauptraum stoßen rückwärts in der Höhe der heutigen Sohle drei zugängliche Fortsetzungen, die einst unzweifelhaft irgendwo, wenn schon nicht als Gänge, so doch als erweiterte Klüfte ins Freie führen mussten. Gegenwärtig ist der Ansatz *h* nur mehr 12 *m* lang, seine Fortsetzung ist verstürzt. Der gekrümmte Gang *l*, dem ich den Namen «Horn» gebe, verengt sich rasch, und seine Decke senkt sich nahe bis zum Boden. Von der Hornspitze kann man durch einen mannslangen Schluf, flach am Bauche liegend, in einen etwas ansteigenden Raum *v* von geringer Breite gelangen, in diesem jedoch nur etliche Schritte aufwärts klettern, weil er dann durch Sinterbildungen verwachsen ist. Um aus der Halle in das Horn zu kommen, hat man unbedingt einen breiten Trümmerwall zu übersteigen, der, wie wir später sehen werden, im Horne etwas eigenartige Temperaturverhältnisse schafft. In nächster Nähe des Punktes *d* führt ein enger, schliefbarer Schacht einige Meter in die Tiefe; daran schließt sich der Gang *q*, der zuerst schwach abfällt, dann aber wieder etwas ansteigt. Die Gesammtlänge von Schacht und Gang, nach den Windungen und im Gefälle gemessen, beträgt 16 *m*. Eine schmale Kluft scheint von diesem Gange zu den Sinterbildungen im Raum *v* zu reichen. Eine vierte Abzweigung *s* entsendet die Höhle aus ihrem vorderen, höhergelegenen Theil bei *f*. Nahe dem Ende dieses im allgemeinen nicht schlecht begehbaren, 25 *m* langen Stollens ist eine kurze niedere Strecke, die man nur am Boden liegend bezwingen kann. Wahrscheinlich befindet sich hoch über dem Punkt *e* in der Wand knapp unter der Decke die Mündung eines fünften Ganges oder Schlauches, was ich wegen Unzugänglichkeit dieser Stelle nicht feststellen konnte. Mit Sicherheit kann ich wohl sagen, es muß dort zum mindesten das Ausgehende einer größeren bis zur Bergoberfläche gehenden Spalte sein, weil von dort manchmal ziemlich viel Sickerwasser herabkommt, das über die Wand rieselnd und gefrierend eine schöne, mit zahlreichen Zapfen geschmückte Eiscascade bildet.

Außer durch den Eingang steht der Hauptraum der Höhle durch den Kamin *u*, Fig. 1, mit der Außenluft in freier Verbindung. Dieser Kamin durchbricht in der Nähe des Einganges die Decke; er verengt sich nach oben und erreicht über dem Höhleneingang in der Felswand den Tag. In der Höhle stehend, kann man durch ihn den Himmel erblicken. Der Kamin ist nicht durch die lösende Kraft des Wassers oder durch mechanische Erosion, sondern dadurch entstanden, dass hier infolge des Zusammentreffens mehrerer Klüfte das Abbröckeln des Gesteins von der Decke

besonders begünstigt wurde. Der Mangel eines sichtbaren Schuttkegels unter dem Kamin widerspricht nicht der gegebenen Erklärung, sondern gibt nur kund, dass nach der Ausbildung des Kamines durch den Höhleneingang soviel Haldenschutt in die Höhle kollerte, dass von diesem der Schuttkegel begraben wurde.

In der Wölbung der Halle befindet sich über *k* unmittelbar neben der Höhlenwand die Mündung eines alten, echten Erosionsschlotes von kleinen Dimensionen. Durch diesen Schlot, wie durch andere kleinere Löcher und Spalten in der Decke, tropft zeitweise einiges Sickerwasser in die Höhle.

Der Einfluss von Klüften auf die Entstehung und Ausgestaltung der Höhle und ihrer Abzweigungen macht sich durch das wiederholte Zusammenfallen von Kluftrichtungen mit den Richtungen der betreffenden Hohlräume bemerkbar, während die Schichtung das Einfallen der Decke vom Kamin ein Stück einwärts bestimmt.

Am 1. October 1893 habe ich eine Vermessung des Hauptraumes der Höhle mittelst Latten, Libelle und Boussole vorgenommen, auf Grund deren die Fig. 1 und 2 construiert wurden. Die an den Hauptraum anschließenden Abzweigungen *h, l, q* und *s* wurden à la vue eingezeichnet, nachdem ich ihre Längen mit einer Schnur gemessen hatte. Die Thermometerstandorte bezeichnete ich durch Buchstaben oder römische Ziffern mit rother Oelfarbe am Fels und führte dieselben Zeichen auch im Plane ein. Bei der Vermessung unterstützte mich Freund Rudolf Podescht, der außerdem bei fast allen anderen Besuchen des Tablerloches mein Begleiter war. Ich sage ihm hiefür den wärmsten Dank. Ebenso Herrn Oberlehrer Josef Hochenauer, der über mein Ersuchen während eines Jahres täglich dreimal die Temperatur in Waidmannsfeld ablas.

1. Allgemeine Bemerkungen über die angestellten Beobachtungen

Die Höhle habe ich in der Zeit vom 16. Juni 1892 bis 5. Juni 1897 im ganzen 56mal besucht, und zwar zu allen Jahreszeiten und bei den verschiedensten Witterungszuständen. Nur zur Nachtzeit war ich nie darin. Im Jahre 1893/94 wurden die Besuche in ziemlich gleichen Intervallen ausgeführt. Die Beobachtungsreihen dieses Jahres weisen nur eine größere Lücke und zwar im Sommer auf, weil ich während der Ferialzeit fern von Wiener-Neustadt war. Wie sich zeigen wird, brachte das keinen nennenswerthen Uebelstand mit sich, da die Höhlentemperaturen für die Pause nachträglich durch Interpolation mit großer Schärfe bestimmt werden konnten. Im Jahre 1894/95 stieg ich seltener in die Höhle, doch jeden Monat mindestens einmal. Noch später machte ich nur mehr gelegentlich Besuche.

Die Beobachtungen wurden angestellt über: Temperatur, Feuchtigkeitsgehalt der Luft, Nebelbildung, Luftbewegung, Tropfwasser, Schneelage im Freien, im Trichter und in der Höhle, über Eis- und Reifbildung in der Höhle und über die Structur des Höhleneises.

Die von Herrn Hochenauer in Waidmannsfeld notierten Temperaturen sollten es mir ermöglichen, für die Zeit zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Höhlenbesuchen ein ganz ungefähres Bild von dem Verlaufe der Temperatur vor der Höhle entwerfen zu können. Waidmannsfeld ist, nach der Luftlinie gemessen, rund 4 *km* vom Tablerloch entfernt und liegt um 630 *m* tiefer als dieses. Aus den Mittags ungefähr gleichzeitig vor der Höhle und in Waidmannsfeld gemachten Beobachtungen ergab sich jedoch, dass die Temperaturen an beiden

Stationen zu Zeiten nicht annähernd gleichartig verlaufen. Die Temperaturumkehrung machte sich manchmal während des Winters recht fühlbar. Am 14. Jänner 1894 war es vor dem Tablerloch um $7{\cdot}_5{}^0$ wärmer als im Thale; am 25. Februar 1894 hingegen um $10{\cdot}_1{}^0$ kälter. War also der beabsichtigte Zweck verfehlt, so theile ich doch die Waidmannsfelder Temperaturen jener Tage mit, an denen ich vor und in der Höhle beobachtet habe, damit man erkenne, wie abweichend die Temperatur an beiden Oertlichkeiten verlief.

Lange war ich unentschieden, ob ich die Beobachtungsdaten nach Tagen gruppiert, oder nach ihrer Art gesondert mittheilen soll. In der vollen Erkenntnis des Nachtheiles, der in der Verzichtleistung auf die Darstellung von Gesammtbildern der Zustände in der Höhle liegt, entschied ich mich doch für die Gruppierung nach Arten, weil sie eine gedrängtere Wiedergabe der Daten und eine bessere Uebersicht gewährt.

2. Beobachtung der Temperatur und des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft vor und in der Höhle

Zur Bestimmung der Temperatur und der Feuchtigkeit kamen zuerst 4, später 6 auf $0{\cdot}_2{}^0$ C getheilte Thermometer in Verwendung, deren Correctionswerthe an der K. K. Centralanstalt für Meteorologie ermittelt wurden, wofür ich an dieser Stelle verbindlichsten Dank sage. Zwei von den Thermometern vereinigte ich im ersten Beobachtungsjahre zu einem Psychrometer. Der außer der Höhle befindliche Aufstellungspunkt III wurde so gewählt, dass er von Einflüssen aus der Höhle nicht berührt werden konnte. Der Punkt I befindet sich unmittelbar unter dem Eingang, und die anderen Standorte der Thermometer: *o*, *n*, *p*, *m*, *k*, *g* und *r* liegen in dieser Reihenfolge vom Eingange einwärts. Der Punkt *e* liegt abseits von dieser Reihe. Die Verticalabstände der Thermometerstandplätze vom Punkt *a* sind aus dem Höhlenplane zu entnehmen. Sie werden von I bis *r* größer.

Regelmäßig wurden die Thermometer zuerst an den höchstgelegenen Punkten aufgestellt; dann begaben wir uns aus der Höhle und stiegen erst nach einer halben Stunde wieder ein, um die Ablesungen und die Uebertragung der Thermometer zu den nächst tieferen Standplätzen vorzunehmen. Die Thermometerkugeln hatten in den einzelnen Aufstellungen vom Boden, beziehungsweise von der Felswand Abstände von circa 30 *cm*. Im zweiten Beobachtungsjahre unterließ ich die Psychrometerbeobachtungen und ermittelte die Temperatur nur an sechs, im dritten Jahre aber gar nur an vier Punkten, wobei der Punkt III im Freien mitgezählt ist. Sämmtliche Ablesungen wurden in der Zeit zwischen $12^h\,30^m$ und $2^h\,30^m$ Nachmittags gemacht; nur am 3. Juni 1894 las ich zwischen $7^h\,30^m$ und $9^h\,30^m$ Vormittags ab. In der Tabelle A, Taf. I, sind die corrigierten Ablesungen am trockenen und feuchten Thermometer zusammengestellt. Die drei letzten Spalten dieser Tabelle enthalten die Temperaturen von Waidmannsfeld.

Aus der Tabelle A berechnete ich den relativen und absoluten Feuchtigkeitsgehalt der Luft nach den von J. Hann umgearbeiteten Jelinek'schen Tafeln (Wien 1884), wobei ich einen mittleren Luftdruck von 670 *mm* zu Grunde legte. In der Tabelle B, Taf. I, finden sich die Ergebnisse dieser Berechnungen.

Nebelbildungen gewahrte ich am Höhleneingange nur zweimal. Als ich am 27. April 1895 zur Höhle kam, war der Vortrichter bei Windstille mit dünnem

Nebel, der aber nicht in die Höhle reichte, erfüllt. Bald darauf strich über den Trichter ein Lüftchen, das einen Theil des Nebels ins Freie zog, wo er aufgezehrt wurde, während sich im Trichter aufs neue Nebel bildete. Später fiel im Freien allgemein dichter Nebel ein. — Am 23. Mai 1895 war wieder im Trichter Nebel, und auch diesmal verursachte der Wind eine infolge des Nebels deutlich erkennbare Vermischung der Luft im Trichter mit der eingedrungenen Außenluft. An beiden Tagen war die Nebelbildung im Trichter eine Folge der Vermischung relativ sehr feuchter Außenluft mit der kalten Luft im Trichter.

In der Höhle entstand an Tagen, wo kein Luftwechsel stattfand, ein sehr durchsichtiger Nebel, sobald wir längere Zeit darin verweilten. Der von uns ausgeathmete Wasserdampf condensierte sich in der mit Feuchtigkeit gesättigten Höhlenluft.

3. Beobachtungen der Luftbewegung vor und in der Höhle

Zur Feststellung von Luftströmungen verwendete ich die Kerzenflamme. Dieses einfache Mittel verräth selbst äußerst schwache Bewegungen der Luft und gibt sowohl die Strömungsrichtung als auch die Strömungsintensität an. Je stärker die Strömung ist, um einen umso größeren Winkel wird die Flamme von der Verticalen abgelenkt, umso kleiner brennt die Flamme. Aus der Größe des «Flammenwinkels» und der Flamme selbst können folglich Rückschlüsse gezogen werden. Indem ich die geschätzten Flammenwinkel notierte, wurde es mir möglich, die Intensität der Luftströmungen an verschiedenen Punkten und zu verschiedenen Zeiten mit einander zu vergleichen.

1893

1. October. Vor der Höhle windstill. In der Höhle brannte die Kerzenflamme überall ruhig, und der Rauch meiner Cigarre breitete sich, eine förmliche Schichtbank bildend, gleichmäßig nach allen Seiten aus. Während des Aufenthaltes in der Höhle erhob sich draußen ein Südwind, der aber weder unter dem Eingang, geschweige denn im Höhlenraum verspürbar war.

7. und 21. October. Vor und in der Höhle keine Luftbewegung.

1. November. Im Freien windig, in der Höhle keine Luftbewegung.

12. November. Trotz der Windstille im Freien, herrschte in der Höhle ein sehr bedeutender Luftzug. Ich ließ die brennende Kerze bei I, *g* und an vier Zwischenpunkten auf den Boden stellen. Ueberall ergab sich ein absteigender Luftstrom. Bei I war die Flamme dem Erlöschen nahe, während sie weiter unten bis gegen die Tiefenlage des Punktes *m* größer brannte und horizontal gerichtet war. Noch bei *g* erkannte ich die Luftbewegung ganz gut, während bei *e* die Flamme sowohl am Boden, als auch höher über demselben vollkommen ruhig brannte. Zwischen den Felsblöcken der Sohle kann man bei *t* einige Meter tief eindringen. In diesen Raum hinab zog die Luft so stark, dass der Flammenwinkel 45^0 betrug.

Eine aufsteigende Luftströmung constatierte ich im obersten Drittel des dreieckförmigen Höhleneinganges. Trotz ihres viel kleineren Querschnittes war diese Strömung bedeutend schwächer, als die unter ihr befindliche absteigende. Einen schwachen aufsteigenden Luftstrom erkannte ich ferner an mehreren Punkten

im Inneren der Höhle in größerer Höhe über der Sohle. Die Flamme der an einen langen Bergstock gebundenen und hochgehaltenen Kerze neigte sich an diesen Punkten etwas gegen den Eingang.

30. November. Unter dem Eingang flackerte die Flamme unruhig, wenn die Bewegung der von hier aus sichtbaren Zweige der Waldbäume außen wehende Winde verrieth. In der Höhle blieb die Luft ruhig.

10. December. Vor der Höhle zeitweise windig. Unter dem Eingang herrschten ununterbrochen zwei entgegengesetzt gerichtete Luftströmungen; die untere, in die Höhle ziehende, lenkte die Flamme um 45—90° von der Verticalen ab, während die obere, aus der Höhle kommende, 2 *m* über der Schwelle nur wenig bemerkbar war. In gleicher Höhe mit *o* und noch tiefer war weder am Boden, noch in Manneshöhe ein Luftzug verspürbar. Die Stärke des einfallenden Luftstromes nahm mit der Entfernung vom Eingang höhleneinwärts ab.

31. December. Im Freien manchmal schwacher Wind. In gleicher Höhe mit den Punkten *o* und *p* brannte die Kerzenflamme nahe dem Boden horizontal und klein; an denselben Stellen, jedoch in Brusthöhe, auch horizontal, aber größer. Hochgehalten flackerte die Flamme bald ein-, bald auswärts. In der Höhe von *m* war die Flamme am Boden um 40°, in Brusthöhe um 30° höhleneinwärts abgelenkt, hochgehalten brannte sie ganz ruhig. Bei II betrug die Ablenkung der Flamme am Boden 30°. Im Graben war weder am Boden, noch in größerem Abstande darüber bewegte Luft.

1894

14. und 28. Jänner. Im Freien und in der Höhle Ruhe.

11. Februar. Vor der Höhle tobte ein Sturm aus Südwest, also parallel zum Kamm der Dürren Wand. In der Höhle und beim Eingang keine wahrnehmbare Luftbewegung.

25. Februar. Vor der Höhle windig. In gleicher Höhe von *n* betrug der einwärts gerichtete Flammenwinkel am Boden 90°, in Brusthöhe 50°, und hochgehalten flackerte die Flamme schwach. In der Höhe von *m* war der Flammenwinkel am Boden 60°, in Brusthöhe existierte nur ein schwacher Zug einwärts, und hochgehalten blieb die Flamme ruhig. Bei II zog die Luft am Boden schwach einwärts.

18. März. Vor der Höhle windig. Der einwärts gekehrte Flammenwinkel betrug bei *o* am Boden 90°, in Brusthöhe 70°, und hochgehalten flackerte die Flamme. Bei *p* am Boden wich die Flamme von der Verticalen um 70°, in Brusthöhe um 45° ab, während die hochgehaltene Flamme einen schwachen Zug nach auswärts verrieth. Bei II betrug der einwärts gerichtete Flammenwinkel am Boden 30°, in Brusthöhe 20°, und hochgehalten flackerte die Flamme. Von der Höhlendecke hiengen feine, fadenförmige Flechten herab, aus deren Stellung, beziehungsweise Bewegung, eine lebhafte aufsteigende Luftströmung unmittelbar unter der Decke constatiert werden konnte, die, aus dem rückwärtigen Theile der Höhle kommend, gegen den Kamin strich.

31. März bis 15. November. Gleichgiltig, ob im Freien Wind wehte oder nicht, war in der Höhle nirgends der geringste Luftzug erkennbar.

1. December. An der Sohle absteigender Luftstrom, der noch bei *g* verspürt wurde.

Von diesem Tage an nahm ich die Beobachtungen über Luftzug nicht mehr mit derselben Ausführlichkeit vor wie bisher. Die weiteren Berichte sind daher nur ganz kurz gefasst.

22. December. An der Sohle absteigender Luftstrom.

1895

19. Jänner. Es wurde keine bezügliche Notiz gemacht.

11. Februar. Kein Luftzug.

2. März. Nirgends Luftzug, auch nicht in der Blockhöhle *t*.

24. März. Kein Luftzug.

27. April. Infolge außen wehender Winde manchmal im Trichter schwache Luftbewegung.

2., 6. und 8. Mai. Kein Luftzug.

23. Mai. Manchmal schwache Luftbewegung im Trichter infolge außen wehenden Windes.

1. Juni bis 22. September. Kein Luftzug.

20. October. Es wurde keine Notiz gemacht.

1896

5. Jänner. Luftzug vom Eingang bis *g*.

1. März. In der Höhe von *k* sehr schwacher Luftstrom einwärts. Bei *g* keine Bewegung.

12. April und 31. Mai. Kein Luftzug.

26. September. An der Sohle des Trichters schwacher Luftzug abwärts, der etwas in die Höhle, aber nicht bis *o* reichte. Am Scheitel des Einganges zog die Luft schwach auswärts.

4. Tropfwasserbeobachtungen

In die Höhle gelangte das Wasser zumeist wirklich nur tropfenweise. Lediglich über die Wand bei *e* rieselte manchmal das Wasser in etwas größeren Mengen. Nur ein einzigesmal, nemlich am 27. April 1895, war der Tropfenfall an mehreren Stellen so reichlich, dass ein Geräusch wie bei einem stärkeren Regen entstand.

In der Tabelle C, Taf. I unterscheide ich folgende Abstufungen:

Gar kein Tropfen = 0
geringes Tropfen = 1
stärkeres Tropfen = 2
reichliches Tropfen = 3

5. Schnee im Freien, im Trichter und in der Höhle

Der Trichter vor der Höhle ist so gelegen, dass die Schneeflocken bei ruhiger Luft hineinfallen. Die vorherrschenden West- und Nordwestwinde treiben manchmal besonders viel Schnee in den Trichter, an dessen thalseitigem Rande dann eine mächtige Wechte entsteht. Unter dem Eingange setzt der Schnee in der Regel stufenförmig ab, weil kein Schnee in die Höhle hineinfallen kann. Etwas Schnee wird wohl manchmal durch Luftströmungen in die Höhle getrieben, die entstehen, wenn es im Freien kälter ist als in der Höhle. Im Frühjahre verschwindet zuerst

der Schnee in der Höhle; im Trichter hält er sich länger, weil er dort weit reichlicher liegt.

Im Winter 1893/94 traf ich den ersten Schnee am 12. November 1893, den letzten im Freien am 31. März 1894. Am 29. April desselben Jahres lagen noch kleine Schneereste im Trichter. Am 20. Mai waren auch diese verschwunden.

In dem viel schneereicheren Winter 1894/95 lag der Schnee im Freien ununterbrochen vom 1. December 1894 bis 27. April 1895. Am 24. März 1895 betrug die durchschnittliche Schneetiefe im Freien 80 *cm*, im Trichter $1{\cdot}_3$ *m*, und der Trichterrand trug eine $2{\cdot}_5$ bis 3 *m* mächtige Wechte. In die Höhle hinein zog sich 10 *m* weit eine nur etliche Centimeter tiefe Schneedecke. Kein Wunder, dass noch am 15. Juni 1895 ein etwa 2 m^2 großer Schneefleck im Trichter lag.

Im Jahre 1896 fand ich noch am 31. Mai einigen Schnee im Trichter und in der Höhle; am 29. Juni war aller Schnee geschmolzen.

Am 15. April 1897 lag noch ziemlich viel Schnee im Trichter und einiger in der Höhle.

In keinem der Jahre 1893 bis inclusive 1896 hielt sich — weder in der Höhle noch im Trichter — der Schnee das ganze Jahr, und wahrscheinlich ebensowenig im Jahre 1897.

6. Beobachtungen über Eis- und Reifbildungen

Der bestehende Streit zwischen den Verfechtern der Sommereisbildung und ihren Gegnern hat mich veranlasst, die Eisbildungen jeder Art in der Höhle möglichst scharf zu überwachen. Das Wachsen und Abschmelzen des Eises durch Vergleich der Größen- und Formenänderungen einzelner Eisgebilde von einem Besuchstage zum anderen nach Skizzen oder nach dem Gedächtnisse zu beurtheilen, gewährt keine genügende Sicherheit. Auch das wiederholte Messen einzelner Dimensionen des Eises ist — besonders bei geringen Veränderungen — nicht verlässlich, weil es meist an geeigneten Fixpunkten fehlt. Hingegen hat sich ein recht einfaches Mittel bewährt: das Betropfen des Eises mit geschmolzenem Stearin. Dieses Verfahren ließ sich freilich nur an den Stalagmiten und an den Bodenkrusten anwenden, nicht auch an den Stalaktiten. Weil aber das Wachsthum der Stalaktiten vorzugsweise nach einer Richtung, nemlich in der Verticalen vor sich geht, machen sich Veränderungen speciell an diesen Eisgebilden auch ohne besondere Vorkehrungen leichter bemerkbar. Da ferner die Stalaktiten ohnehin meist unzugänglich sind und bald nach Beginn der Thauperiode von der Decke stürzen, könnte auch nach einer anderen Methode das Vergehen der Eiszapfen am Orte ihrer Entstehung nicht lange verfolgt werden.

Ich ließ also an vielen Stellen von der brennenden Kerze auf Stalagmiten und Eiskrusten Stearin abtropfen, das etwas in das Eis einschmolz und erstarrte. War das erhärtete Stearin am nächsten Besuchstage mit Eis überzogen, so fand in der Zwischenzeit Eisbildung statt; lag der Stearintropfen in einer kleinen Vertiefung, so war die Eismenge constant geblieben; lag endlich das Stearin frei auf der Oberfläche, oder gar auf einem die Eisoberfläche überragenden, kurzen Eisstiel, so konnte kein Zweifel über die stattgefundene Verringerung der Eismenge auftauchen, die entweder auf Abschmelzung oder Verdunstung beruhte.

Außer aus dem flüssigen Wasser entstand in der Höhle auch aus Wasserdampf Eis. Dieses setzte sich entweder auf den Felsflächen in Form kleiner, im Magnesiumlicht hellfunkelnder Krystalle an, oder es kleidete als Rauhreif die Mundlöcher jener kleinen, oft nur einige Centimeter Durchmesser besitzenden Röhren aus, die im Schutt der Hallensohle sich verzweigend in die Tiefe führen.

1893

1. October. Bei *k* lag unter dem Schlot am Boden eine Eiskruste, die nur circa 1 m^2 Fläche einnahm und 2 *dm* maximale Dicke hatte. Zum Theil auf ihr, zum Theil neben ihr lagen vier lose Eisstücke, deren größtes die Dimensionen 1, 2 und 3 *dm* besaß. Diese Bruchstücke waren offenbar die Reste eines aus dem darüber befindlichen Schlot gefallenen Stalaktiten. Das Eis fühlte sich nass an, war also im Thauen.

7. October. Bei *k* war das Eis nur ganz wenig abgeschmolzen. In der Nähe des Punktes *e* fand ich am Boden festgefrorenes Eis von 12 dm^2 Oberfläche und 6 *cm* Dicke. Tropfwasser hatte es durchlöchert. Auch neben diesem Eise lagen einige lose, aber kleine Eiszapfenstücke von 3—4 *cm* Durchmesser und bis zu 10 *cm* Länge.

21. October. Bei *k* war die Reduction der Eismenge fortgeschritten. Dass nur mehr ein loses Stück dort lag, schreibe ich der theilweisen Entfernung des Eises durch Höhlenbesucher zu, wofür nächst der Höhle im Freien liegende Eisstücke den Beweis erbrachten. Bei *e* befand sich nur mehr ein ganz kleiner Eisrest.

1. November. Bei *k* war die Eiskruste auf $0{\cdot}_{25}$ m^2 Fläche zurückgegangen. Auch das letzte lose Stück war von hier verschwunden. Bei *e* war alles Eis geschmolzen.

12. November. Bei *k* zeigte sich keine merkliche Veränderung. Ungefähr in der Mitte des von *g* nach *e* führenden Grabens stieß ich auf eine Eiskruste, die etwa 4 dm^2 bedeckte. Dieses Eis war aber nach seiner Beschaffenheit ebensowenig wie alles andere bisher gefundene eine Bildung der letzten Zeit, sondern ein Rest älteren Eises. Die schwache Beleuchtung verursachte, dass ich diese alten, kleinen Eisreste nur nach und nach fand. Am 12. November traf ich aber außerdem an vielen Stellen der Höhlensohle die ersten Neueisbildungen, die, da an ihnen keine Structur zu erkennen war, mit altem Eise nicht zu verwechseln waren. Der größte der neugebildeten, schön gerundeten und krystallklaren Stalagmiten hatte einen Durchmesser von 12 und eine Höhe von 9 *cm*. Genau an derselben Stelle bei *e*, wo früher das alte Eis lag, stand neues. Die Reste bei *k* und im Graben hatten keinen Zuwachs erhalten. Nach Stalaktiten an der Decke zu sehen, versäumte ich.

30. November. Bei *k* lag das alte Eis unverändert. In seiner nächsten Nähe breitete sich neues aus, eine Kruste bildend. Neugebildete Krusten waren noch an mehreren anderen Stellen der Sohle zu sehen, nebst einer vielfachen Anzahl größerer und kleinerer Stalagmiten. Die geneigte Decke und die Wände waren an manchen Orten mit dünnen, durchsichtigen Eiskrusten verkleidet, die ausnahmslos an Löchern oder Spalten im Felsen ansetzten, woraus das Wasser in die Höhle trat. Von der Decke hiengen nach Schätzung bis zu $1{\cdot}_5$ *m* lange Zapfen.

10. December. An einer größeren Kluft der Decke im vorderen Höhlenraume war eine schöne Reihe schlanker, bis zu 2 *m* langer Stalaktiten entstanden.

Correspondierend darunter wuchs eine 4·6 *m* lange Reihe strunkförmiger Stalagmiten entgegen, deren höchster 43 *cm* maß. Was den Stalagmiten gegenüber den Stalaktiten an Erstreckung in die Länge mangelte, ersetzten sie reichlich durch stärkeren Querschnitt. Auffallend war die schiefe Stellung einiger Zapfen der Stalaktitenreihe, deren Achsen etwas höhleneinwärts gerichtet waren. Der Gedanke, während des Wachsthums der Zapfen müsse Luft unmittelbar unter der Höhlendecke einwärts geströmt sein, drängte sich mir auf, obwohl er mit den bisherigen Beobachtungen in Widerspruch stand.[1]) Auch die Stalagmiten darunter standen nicht vertical, sondern waren etwas gegen den Höhleneingang geneigt. Diese Stellung der Stalagmiten ergibt sich, da während der Kälteperioden die fallenden Wassertropfen durch den in die Höhle fließenden, kalten Luftstrom von der verticalen Fallrichtung in eine schiefe Richtung abgelenkt werden, der die Stalagmiten entgegen wachsen. Während meiner Anwesenheit in der Höhle fielen etliche kleine Zapfen aus dem Kamin. Es herrschte also darin, wie beim Eingang, eine Temperatur über Null.

31. December. Die Zapfen der Stalaktitenreihe lagen nahezu sämmtlich am Boden und hatten durch ihren Sturz die Stalagmitenreihe etwas beschädigt. Ein kurzer, noch haftengebliebener Stalaktit wich heute um nicht weniger als 30° von der Verticalen ab.[1]) Im Graben blieben die Eisgebilde unverändert, während sie an der Wand bei *e* gewachsen waren.

1894

14. Jänner. Im Graben befand sich mehr Eis als das letztemal. Die Stalagmitenreihe blieb unverändert. Der schiefgestellte kleine Zapfen hieng noch an der Decke. Am Sockel der östlichen Höhlenwand gewahrte ich zwischen den Punkten *n* und *p* eine ungefähr 0·25 m^2 große, mit Rauhreif dicht besetzte Fläche.

28. Jänner. Im Graben keine Veränderung. Auf das bei *k* noch immer vorhandene alte Eis waren die ersten Tropfen gefallen. Auf der alten, schmutziggrauen Kruste saß ein kleiner, glasheller Stalagmit von 10 *cm* Durchmesser und 3 *cm* Höhe. Der Rauhreif zwischen *n* und *p* war noch vorhanden.

11. Februar. Der Stalagmit bei *k* war gewachsen. Auch neben dem alten Eise wuchs ein Zapfen in die Höhe. Bei *k* zog sich aus dem Schlot über die Wand eine Eiskruste. Am Boden der Halle gab es mehrere neue Stalagmiten, während einige der älteren nicht gewachsen waren.

25. Februar. Zwei Zapfen der Stalagmitenreihe waren wahrscheinlich der Zerstörungswuth eines Höhlenbesuchers zum Opfer gefallen. Die beiden Stalagmiten bei *k* haben eine Vergrößerung erfahren. Das Krusteneis hier an der Wand bedeckte eine größere Fläche als am 11. d. M. In der Nähe von *e* waren am Boden neuentstandene Zapfen zu sehen, während einige ältere unverändert geblieben sind. Zwischen *k* und *p* hieng von der Decke ein ungefähr 80 *cm* langer Zapfen, dem vom Boden ein breiter Stalagmit entgegenwuchs. Den schon mehrmals erwähnten schiefen Zapfen über der Stalagmitenreihe sah ich heute das letztemal. Bei *c* haftete an der Decke ein mindestens 2 *m* langer, kräftig entwickelter Zapfen. Im Horn, nahe seinem Ende, waren viele ungefähr 80 *cm* lange Stalaktiten. Mehrere davon hatten eine sehr schiefe Stellung, und einer sah wie geknickt aus:

[1]) Die Erklärung dieser Richtungsveränderung siehe unter den Beobachtungen vom 25. Februar 1894.

sein oberer Theil war schief, der untere vertical. Hier konnte ich wegen der geringen Deckenhöhe das Eis in unmittelbarer Nähe betrachten und die Ursache der schiefen Stellung der Zapfen erkennen. An einer Felsspalte der wenig geneigten Decke trat Sickerwasser in die Höhle, das sich in der Fallrichtung der Decke ausbreitete und gefrierend eine an der Decke festhaftende Eiskruste bildete. An einzelnen Punkten derselben lief besonders viel Wasser zusammen, es kam zum Abtropfen und zur Bildung von Stalaktiten. Später gieng der Zusammenhang zwischen Kruste und Decke in der Nähe des Spaltes verloren, weil dort nachfolgendes, wärmeres Sickerwasser die Felstemperatur über Null erhob. Der so losgelöste Krustentheil hieng zwar noch mit dem am Fels haftengebliebenen Theil der Kruste zusammen, konnte aber doch dem Zuge der Stalaktiten, die mit ihm verwachsen waren, nicht mehr vollkommen Stand halten. Die dünne Kruste bog sich, während die kräftig entwickelten Zapfen, ohne ihre relative Lage zu der gebogenen Kruste zu ändern, gerade blieben und somit aus der verticalen in eine schräge Lage kamen. Als dann bei einer Höhlentemperatur unter 0^0 nach einem der schiefen Zapfen Wasser lief und an dessen Spitze abtropfte, wuchs der Zapfen in verticaler Richtung weiter, wodurch er ein Aussehen bekam, als ob er geknickt worden wäre. Die am 10. und am 31. December 1893 beobachtete schiefe Stellung von Zapfen der Stalaktitenreihe ist nun auch erklärt.

18. März. In der Halle konnte ich an einigen Orten eine kleine Verringerung des Eisquantums dadurch mit vollster Sicherheit feststellen, dass Stearintropfen, die bei dem vorigen Besuch im Eise etwas eingesenkt waren, diesmal frei auflagen. Das Eis in der Wand bei *e* und im Horn hatte aber Zuwachs erfahren. Der große Zapfen bei *c* war bis auf $2{\cdot}_6\ m$ Länge angewachsen. Zwischen *n* und *p* war noch immer Rauhreif. Auch in der Nähe von II traf ich solchen an vielen Stellen des Bodens. Der größte von diesen Reifflecken hatte 2 dm^2 Fläche. Der Boden besteht hier aus kantigen Gesteinstrümmern, deren Zwischenräume wenigstens nahe der Oberfläche der Sohle zumeist durch kleinere Verwitterungsproducte ausgefüllt sind. Wo eine derartige Ausfüllung nicht vorhanden ist, wo also die tieferliegenden Räume zwischen den Blöcken mit dem großen Höhlenraume communicieren, war überall Rauhreif, der die Wandungen der Mundlöcher in einigen Fällen völlig verschloß. An der schon erwähnten Stelle zwischen *n* und *p* herrschen genau dieselben Verhältnisse, nur mit dem Unterschiede, dass dort das Mundloch größer und auf einer Seite durch den Wandsockel begrenzt ist.

31. März. Der Rest jener Eiskruste, die bisher über der Stalagmitenreihe an der Decke gehaftet hat, war herabgefallen. Die Stalagmitenreihe und das Eis bei *k* sind gewachsen. Das Wandeis bei *e* und mehrere Stalagmiten in der Nähe haben beträchtlich an Volumen zugenommen, während ein anderer, ebendort befindlicher Stalagmit kleiner geworden ist. Er trug den Stearintropfen auf einem kurzen Eisstiele, eine Erscheinung, die unwillkürlich die Erinnerung an einen Gletschertisch wachrief. Auch im Graben war das Verhalten verschiedener Stalagmiten nicht das gleiche. Während die einen unzweifelhaft gewachsen waren, erlitten die anderen ebenso unzweifelhaften Schwund. Der Stalaktit bei *c* schien schlanker geworden zu sein. Unter ihm bedeckte eine $0{\cdot}_{75}\ m^2$ große Kruste den Boden. Im Horn giengen die Eisbildungen entschieden durch Schmelzung zurück, während der Rückgang in der Halde eine Folge der Verdunstung war.

15. April. Bei *k* war mehr Eis an der Wand als das letztemal. Drei hier auf dem alten Krusteneise des Bodens aufsitzende Parasiten hatten sich an ihren Grundflächen so stark ausgebreitet, dass sie zu einer geschlossenen Schichte über dem vorjährigen Eis verwachsen waren. Der Stalaktit bei *c* war kürzer geworden. Im Horn war ein Theil der Zapfen herabgefallen, der verbliebene Theil thaute.

29. April. Der Rauhreif zwischen *n* und *p* war ganz geschmolzen, wohl aber noch nicht jener in der Nähe des um vieles tiefer gelegenen Punktes II. Alles Eis fühlte sich nass an, war also im Schmelzen. Während meiner Anwesenheit fiel zweimal Eis von der Decke.

20. Juni. Der Rauhreif bei II hatte seine strahlige Structur verloren, er war feinkörnig geworden. Manche Stalagmiten waren durch das darauffallende Tropfwasser angefressen und besaßen am Scheitel trichterartige Vertiefungen, sogenannte Tropftrichter. Alles Eis war im Thauen.

3. Juni. Der Rauhreif bei II war noch körniger und weniger geworden. Das überall stark reducierte Eis hat nicht so sehr infolge der Temperaturerhöhung der Luft gelitten als durch das darauffallende warme Tropfwasser.

17. Juni. Nahezu alles bei *k* entstandene Wandeis lag in Stücken am Boden. Stalagmitenreste waren noch bei *k*, *c*, *r* und im Graben. Die Stalagmitenreihe war bedeutend erniedrigt. Vom Rauhreif bei II war nur mehr ein dünner, körniger Beschlag vorhanden, so dass man die in die Tiefe führenden kleinen Canäle sehen konnte.

24. Juni. Kein Rauhreif. Eis überall im starken Rückgange.

8. Juli. Von der Stalagmitenreihe standen spärliche Reste. Im Graben befand sich noch einiges Eis. Bei *k* hatte sich seit dem letzten Besuche wenig verändert.

1. September. Nirgends war Eis zu finden. Bei *k* lag eine etwa 5 *mm* dicke Schichte feinen, grauen Schlammes auf dem Boden: Kalk, der aus dem Tropfwasser, beziehungsweise aus dem schmelzenden und verdunstenden Eise im Laufe vieler Jahre ausgeschieden worden war.

15. September, 13. October, 1. und 15. November. Nirgends weder Eis noch Reif.

1. December. An diesem Tage zeigten sich an vielen Stellen der Decke und des Bodens die ersten Neueisbildungen. Die gesammte Eismenge war jedoch sehr gering.

22. December. Die Eismenge hatte zugenommen. Schön entwickelt waren die Stalagmiten im Graben. An der Stelle der vorjährigen Stalagmitenreihe stand nur ein einziger Stalagmit. Am Rande der darüber befindlichen Felsspalte hiengen nur drei Zapfen. Wie im Vorjahre fand ich auch heuer an mehreren Stellen Rauhreif, aber diesmal von geringerer Dicke.

1895

19. Jänner. Schwacher Eiszuwachs.

11. Februar. In der Halle waren mehrere neue Stalagmiten entstanden. Einige Stalagmiten im Graben hatten eine im Vorjahre nicht erreichte Größe. Bei *k* war noch keine Spur von Eis. Im Horn war die Eisbildung verhältnismäßig weit vorgeschritten. Ein kräftiger Zapfen reichte dort von der niederen Decke bis zum Boden, eine Säule bildend. Rückwärts bei *r* saß eine Menge kleiner Stalagmiten

auf dem Boden und noch weiter zurück hiengen viele schlanke Stalaktiten von der Decke. Nur einer davon hatte eine etwas größere Breite, war aber dünn, von sichelförmigem Querschnitt und lief einseitig in eine verticale Schneide aus. Der Wandsockel von *p* aufwärts, bis zur Mitte zwischen *p* und *n*, sowie die Unterseiten der dort an die Wand stoßenden Blöcke der Sohle waren stark bereift.

2. März. Am Platze der vorjährigen Stalagmitenreihe stand immer noch nur ein einziger Stalagmit. Bei *k* saßen auf einer Steinplatte zwei kleine, milchig getrübte Stalagmiten. Die vielen Stalagmiten bei *r* hatten sich so weit vergrößert, dass sie mit ihren unteren Theilen verwachsen waren. Der Stalaktit mit sichelförmigem Querschnitt besaß einige Löcher, durch die man den Finger stecken konnte. Der schneidige Rand dieser Löcher, sowie die Schneide des Zapfens sahen wie zerfressen aus. Ich halte es für unmöglich, dass derartig geformte, scharfe Ränder durch Thauen entstehen können. Auch die Höhlentemperatur spricht gegen eine solche Annahme. Zur Erklärung ist daher nur die Verdunstung des Eises heranzuziehen. Im Graben nahm ich keine Veränderung wahr, ebensowenig am Rauhreif zwischen *n* und *p*. Bei II waren die Mündungen der Canäle durch Rauhreif nahezu vollkommen geschlossen.

24. März. In der Halle gieng an manchen Orten immer noch Neueisbildung vor sich. An der Spitze des Hornes sah ich ganz nahe am Boden im Fels ein kleines Loch, dessen Mündung mit Rauhreif umrandet war.

27. April. Die Eismenge hatte sich um vieles vergrößert. Vom Kamin waren ganz ausnahmsweise größere Tropfwassermengen gefallen, wodurch an der Aufschlagstelle eine ziemlich ausgedehnte, holperige Eiskruste entstanden war, von der sich bis zum Punkte II ein gefrorenes Bächlein zur Tiefe schlängelte. Der schon am 22. December 1894 genannte, alleinstehende Stalagmit der vorjährigen Reihe war noch immer ohne Gesellschaft. An der Decke darüber war kein Eis zu sehen. Vom Schlot über *k* hiengen lange, starke Zapfen, von denen einzelne bis zum Boden reichten. Darunter war der Boden mit 5 *cm* dickem Eis überzogen, das drei Stalagmiten trug. Im Horn waren die Stalagmiten gewachsen. Der Stalaktit mit sichelförmigem Querschnitt war im Gegensatz hiezu weiters abgezehrt. Die Zerfressenheit seiner scharfen Ränder hatte zugenommen. Die Stalagmiten im Graben waren nur um weniges größer geworden. An der Wand bei *e* war eine zierliche Eiscascade. Die Felswand war dort mit holprigem Eis überzogen, an dem viele knotige Zapfen und Zäpfchen in wirrem Durcheinander hiengen. Die Eisbildung ist, im ganzen genommen, im Vorjahre geringer gewesen als heuer. Der Rauhreif an der Spitze des Hornes war verschwunden.

2. Mai. Die Eisbildung war noch immer nicht zum Stillstand gekommen. Rauhreif war überall an den bekannten Stellen, mit Ausnahme des Hornes. Im Magnesiumlicht funkelte die ganze Hallendecke von Eiskrystallen.

6. Mai. Seit dem 2. Mai waren die Stalagmiten bei *k* um einige Millimeter in die Höhe gewachsen. Im Horne kein Wachsthum. Die Mündung des bei *d* befindlichen Schachtes war mit Rauhreif besetzt. Ich stieg hinab und fand in dem anschließenden Gang einiges Eis. In der Halle traf ich an den bekannten Orten Rauhreif. Die Decke glitzerte von Eiskrystallen.

8. Mai. Der Rauhreif zwischen *n* und *p* war noch vorhanden.

23. Mai. Das Eis der Cascade bei *e* und am Boden bei *k* war gewachsen. Neben dem letzteren lagen Stalaktitentrümmer. Im Horne war das Eis bereits im Schmelzen.

1. Juni. Ueberall schmolz das Eis, besonders aber im Horn. Bei *k* lagen zahlreiche Stalaktitentrümmer.

15. Juni. Das Eis thaute überall. Bei II war in den Löchern noch viel körnig gewordener Rauhreif.

23. Juli. Der höher gelegene Theil der Eiskruste am Boden unter dem Kamin war ganz geschmolzen, aber auch an seinem unteren Rande hatte das Eis an Ausdehnung verloren. Bei *k* lagen größere, aus dem Schlot gestürzte Eisblöcke. An der Felswand haftete hier noch ziemlich viel Eis. Im Graben befanden sich die Stalagmiten in verschiedenen Stadien der Auflösung. Einige thauten gleichmäßig an der ganzen Oberfläche, andere besaßen Tropftrichter, und von anderen wieder waren nur spärliche Reste vorhanden. Die Eiscascade lag in Scherben am Boden.

28. August. Eis war nur mehr am Boden zu finden, und zwar bei *k*, an zwei Orten im Graben und am Fuß der ehemaligen Cascade. Ueberall war das Eis im Schmelzen.

22. September. Schmelzendes Eis lag bei *k*, an einer Stelle im Graben und am Cascadenfuß.

20. October. Sehr wenig altes Eis war bei *k* und im Graben erhalten geblieben. Neues Eis überzog in dünnen Krusten einige Felsblöcke der Sohle in der Nähe von *k* und hinter *g*.

1896

5. Jänner. Von der Stalagmitenreihe standen mehrere kleine und ein etwas größerer Zapfen. An der Decke darüber hieng wenig Eis. In der Nähe von *k* war am Boden etwas Eis. Bei *c* hieng von der Decke ein $3{\cdot}_3$ *m* langer Zapfen. Im Horn bei *r* befanden sich viele schlanke Stalaktiten, darunter Stalagmiten. Von den ersteren hatten wieder mehrere die schon erklärte schiefe Stellung. Im Graben standen schöne Stalagmiten. Die Eiscascade befand sich im ersten Stadium der Entwicklung. An der Decke der Halle sàh ich trotz dem Magnesiumlichte außer dem Zapfen bei *c* kein Eis. Zwischen *n* und *p* war weniger Rauhreif als im Vorjahre.

1. März. Ueber der unveränderten Stalagmitenreihe hiengen einige kleine Stalaktiten. Unter dem Schlot stand ein hoher, cylindrischer Stalagmit. Sonst habe ich mich um das Eis nicht bekümmert.

12. April. Von der Schneehalde zog sich eine Eiskruste ein Stück weit in die Höhle. Die Stalagmitenreihe ließ seit 5. Jänner keine besondere Veränderung erkennen. Bei *k* hiengen aus dem Schlot viele, lange Zapfen. Die Cascade war sehr schön entwickelt. An einem Stalagmiten im Graben stellte ich Volumsverminderung fest. Der am 1. März auf das Eis getropfte Stearinfleck lag am 12. April erhöht auf einem kleinen Eisstiele, an dem er angefroren war. Die Hallendecke glitzerte von Eiskrystallen. Im Horn war die Eisstructur deutlich zu sehen, ein Beweis, dass das Eis thaute.

31. Mai. Die Eiskruste am Rande der Schneehalde war geschmolzen. Ueberall thaute das Eis. Trotzdem war besonders bei *k*, bei der Cascade und links hinter

(Gedr. 24. IV. 1899)

II noch ziemlich viel Eis. Im Horn war noch einiges Eis auf der Sohle und an der linken Seitenwand.

29. Juni. Die Trümmer der Eiscascade lagen am Boden. Im Graben waren die Stalagmiten durch das Tropfwasser stark angegriffen. Aus dem Schlot bei *k* war fast alles Eis gefallen. Ueberall thaute das Eis.

30. September. Altes Eis lag bei *k*, es bedeckte etwa 5 dm^2. Gleich diesem war ein 6 dm^2 großer Eisfleck im Graben im Schmelzen.

22. November. Altes Eis gab es in der Höhle nicht, wohl aber neues. Rauhreif sah ich nirgends.

1897

24. Februar. Es zog ein schmales, kurzes Eisband von der Schneehalde in die Höhle. Von der Stalagmitenreihe waren erst zwei Zapfen gebildet. Der Stalagmit bei *k* war besonders groß geworden. Im Graben fand ich viele Stalagmiten. Die Cascade trug an ihrem unteren Ende zahlreiche längere, aber dünne Zapfen.

15. April. In der Höhle thaute das Eis fast überall. Es war mehr Eis als im Vorjahre vorhanden. In den Löchern bei II befand sich thauender Rauhreif.

5. Juni. Eis lag nur mehr am Boden der Halle.

Das gesammelte Beobachtungsmaterial habe ich im vorstehenden ausführlich mitgetheilt, damit den gezogenen Schlüssen jenes Gewicht zuerkannt werde, das sie eben auf Grund der vielen Beobachtungen beanspruchen dürfen. Wir schreiten nun zu der Erklärung der einzelnen Vorgänge.

7. Kälte- und Wärmeperioden

Trägt man die Verticalabstände der Thermometerstandorte vom Punkt III als Abscissen, die an einem Tage an den verschiedenen Punkten gefundenen Temperaturen als Ordinaten auf und verbindet die erhaltenen Abtragungspunkte durch einen Linienzug, so gewährt dieser gute Uebersicht über die Temperaturvertheilung in der Höhle an dem betreffenden Tage. Aus den so für alle Besuchstage construierten Diagrammen, Taf. II, Fig. 1—49, erkennt man, dass die Temperatur in der Höhle entweder vom Eingang abwärts ab- oder zunimmt. In der Höhle findet also von Zeit zu Zeit eine vollständige Temperaturumkehrung statt. So nahm z. B. am 8. Juli 1894, Taf. II, Fig. 19, die Temperatur vom Höhleneingang, Punkt I, bis *g* continuierlich ab, sie sank von $+ 8{\cdot}_2{}^0$ auf $+ 0{\cdot}_2{}^0$. Dagegen stieg am 18. März 1894, Taf. II, Fig. 12, die Temperatur von $- 3{\cdot}_2{}^0$ am Eingang, bis auf $- 1{\cdot}_4{}^0$ bei *g*. Am 8. Juli 1894 hatte die Luft im Freien eine Temperatur von $+ 15{\cdot}_3{}^0$, am 18. März 1894 aber nur $- 3{\cdot}_5{}^0$. Wie in diesen zwei Fällen war die Luft im Freien stets wärmer als jene in der Höhle, wenn die Höhlentemperatur von oben nach unten abnahm, hingegen kälter, wenn die Höhlentemperatur von oben nach unten zunahm; hieraus wird erkenntlich, dass die Temperaturvertheilung in der Höhle von der Temperatur im Freien abhängig ist. In dem Sinne, dass, wie sich bald zeigen wird, die Temperatur an den einzelnen Punkten der Höhle im Steigen ist, also eine Erwärmung der Höhle stattfindet, sobald die Temperatur vom Eingang abwärts abnimmt, spreche ich von Wärmeperioden. Als Kälteperioden bezeichne ich im Gegensatze hiezu jene Zeiten, wo die Höhlentemperatur vom Eingange nach

unten zunimmt, weil in diesen Zeiten, wie ebenfalls bald erkannt werden soll, die Temperatur an den einzelnen Höhlenpunkten im Sinken, die Höhle also im Erkalten begriffen ist.

Während der Wärmeperioden war in der Höhle nie ein Luftzug bemerkbar. Durch die sorgfältigsten Beobachtungen der Kerzenflammen an den verschiedensten Stellen, insbesondere bei den tiefliegenden Abzweigungen der Höhle, als auch bei den kleinen, zu gewissen Zeiten mit Reif ausgekleideten Löchern der Sohle konnte nie während einer Wärmeperiode die leiseste Bewegung der Luft festgestellt werden. Anders zur Zeit der Kälteperioden. Da drang aus dem Trichter vor dem Eingang ein mitunter kräftiger Luftstrom in die Höhle, der sich, nach der Sohle fließend, gegen die Tiefe zu abschwächte. Ein Gegenstrom zog in der Höhe, unmittelbar unter der Decke, nach aufwärts und unter dem Scheitel des Einganges ins Freie. Auch nahm ich wahr, dass der absteigende Luftstrom zum kleinen Theil in den Löchern zwischen den Blöcken der Sohle versank, so z. B. am 12. November 1893 bei *g* und *t*.

Wie sind nun die verschiedenen Perioden und ihr Wechsel zu erklären?

Es ist bereits darauf hingewiesen worden, dass zur Zeit der Wärmeperioden die Temperatur der Luft im Freien stets höher war als in der Höhle. In diesen Zeiten hatte somit die Höhlenluft das größere specifische Gewicht, daher sie durch den hochliegenden Eingang ebensowenig aus der Höhle entweichen konnte, wie Wasser aus einem aufrechtstehenden Glase ausfließen kann. Weil ferner die unteren Fortsetzungen der Höhle blind enden, konnte die Luft auch nicht nach unten abfließen; sie blieb also in der Höhle gefangen: sie war eingesackt. Die specifisch schwersten, das sind die kältesten Lufttheilchen sanken zu Boden und sammelten sich an den tiefsten Stellen; darüber lagerten sich die etwas wärmeren Theilchen u. s. w.: kurz gesagt, die eingeschlossene Höhlenluft schichtete sich nach dem specifischen Gewichte und damit auch nach der Temperatur.

Bemerkenswerth ist, dass es in den Wärmeperioden schon unter dem Eingange kälter war als im Freien. Die größte diesbezügliche Temperaturdifferenz fand ich am 1. Juni 1895, Taf. II, Fig. 34, mit $11{\cdot}_2{}^0$. Solch ein namhafter Unterschied konnte nur infolge des gegen directe Besonnung geschützten, trichterartigen Vorbaues der Höhle entstehen und erhalten bleiben, da der vorgebaute Wall auch noch außerhalb der eigentlichen Höhle kalte, specifisch schwere Luft gefangen hielt.

Fällt die Lufttemperatur im Freien, so bleibt dies auf die Verhältnisse in der Höhle ohne Einfluss, bis die Temperatur der Außenluft niedriger wird als jene in der Höhle. Dann sinkt die specifisch schwerer gewordene Außenluft in den Trichter, aus diesem durch den Eingang in die Höhle und verdrängt daraus die bisher eingesackt gewesene Luft, die nach der Decke aufwärts und am Scheitel der Eingangswölbung ins Freie streicht. Kalte Luft fällt nun in die Höhle: eine Kälteperiode hat begonnen. Unter kalter Luft ist nicht etwa ausschließlich solche mit einer Temperatur unter Null zu verstehen, da hier das Wort ‚kalt' bloß im relativen Sinne gegenüber der Höhlentemperatur gebraucht wird.

Kühlt die Luft im Freien nur bis auf die Temperatur eines zwischen dem Eingang und dem Grund der Höhle liegenden Punktes, z. B. *m* ab, so bleibt die unter dem Horizont von *m* befindliche Höhlenluft die specifisch schwerere, sie kann

folglich durch die einsinkende Außenluft nicht verdrängt werden. Unterhalb *m* bleibt in diesem Falle der frühere Zustand, die Wärmeperiode erhalten, während darüber die Kälteperiode herrscht. Wir sehen: W ä r m e- u n d K ä l t e p e r i o d e k ö n n e n **gleichzeitig** i n d e r H ö h l e, a b e r ö r t l i c h g e t r e n n t, a u f t r e t e n.

Je kälter es draußen wird, umso tiefer dringt die kalte Außenluft in die Höhle, deren Grund sie schließlich erreicht. Erst dann ist die Wärmeperiode der Kälteperiode gänzlich gewichen, und die ganze früher eingesackt gewesene Luft durch kalte Außenluft ersetzt. Fällt die Temperatur im Freien noch weiter, so ist stets die Außenluft vor der Höhle specifisch schwerer, als die bereits in die Höhle gedrungene Luft, daher auch letztere wieder aus der Höhle verdrängt wird. So lange also nach Beginn einer Kälteperiode im Freien die Lufttemperatur sinkt, hält in der Höhle der Luftaustausch ununterbrochen an. Aber auch wenn die Temperatur zu fallen aufhört und constant geworden ist, dauert doch der begonnene Luftwechsel noch geraume Zeit fort.

Die Ursache davon liegt in der Erwärmung der Luft während ihres Falles in der Höhle, wodurch sie specifisch leichter wird. So stieg am 12. November 1893, Taf. II, Fig. 4, die Temperatur der Luft auf dem Wege vom Trichterrande bis *g* von $-6{\cdot}_2{}^0$ bis auf $-1{\cdot}_5{}^0$, also um $4{\cdot}_7{}^0$, wobei *g* nur $26{\cdot}_9$ *m* tiefer als der Trichterrand liegt. Diese namhafte Erwärmung kann unmöglich allein durch das Herabsinken von Luft in Schichten höheren Druckes erklärt werden, da die Erwärmung sinkender Luftmassen bloß $0{\cdot}_{99}{}^0$ für 100 *m* beträgt.[1]) Auf diese Weise erfolgt daher in dem vorliegenden Falle nur eine Erwärmung um $0{\cdot}_{27}{}^0$. Die Erwärmung um weitere $4{\cdot}_{43}{}^0$ ist noch unaufgeklärt.

Zu Beginn einer jeden Kälteperiode findet an der Spitze des eindringenden Luftstromes unstreitig eine Vermengung der kalten Luft mit der wärmeren Höhlenluft statt, wodurch die Spitze des Luftstromes eine höhere Temperatur erhält. Von solcher Erwärmung kann aber keine Rede sein, wenn, wie am 12. November 1893, der Luftstrom z u m m i n d e s t e n s c h o n s t u n d e n l a n g d i e g a n z e H ö h l e d u r c h z o g e n h a t.

An dem eben genannten Tage fiel im Tablerloch wenig Tropfwasser, das sofort zu Eis erstarrte. Die vor meinen Augen entstandenen Eismassen waren so unbedeutend, dass es nicht denkbar ist, die beim Gefrieren freigewordene Wärme hätte die Temperatur des rasch über die Sohle streichenden Luftstromes um $4{\cdot}_{43}{}^0$ erhöht, zumal auch dort, wo kein Tropfwasser gefallen, also kein Eis entstanden war, die Erwärmung in gleicher Weise vor sich gieng.

Wir müssen daher nach einer anderen, ergiebigeren Wärmequelle suchen, und diese finden wir in der Bodenwärme der Sohle, welch letztere der absteigende Luftstrom innig berührt.[2]) Herrscht nemlich in der Höhle eine längere Wärmeperiode, so wird eine Temperaturausgleichung (sieh später) insoferne stattfinden, als die Temperatur der Sohlenoberfläche nahezu gleich jener unmittelbar auflagernden Luft wird. Bei Eintritt der folgenden Kälteperiode ist sonach die Sohle

---

[1]) J u l i u s H a n n: «Handbuch der Klimatologie», Stuttgart 1883, S. 216.

[2]) E. F u g g e r: «Beobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges bei Salzburg». Sonderabdruck aus den Mittheilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde, Bd. XXVIII, Salzburg 1888, S. 94 und 95. Schon F u g g e r hat den Einfluss der Bodenwärme auf die Temperatur der in eine Felsspalte gefallenen Luft erkannt.

wärmer, als der über sie streichende Luftstrom; sie gibt daher an diesen Wärme ab und erhöht dessen Temperatur umsomehr, einen je weiteren Weg der Luftstrom über der Sohle zurücklegt. Damit stimmt die Beobachtung.

Obwohl nach dem Gesagten der Luftwechsel auch bei constant gewordener Außentemperatur anhält, so unterliegt er mit der Zeit doch einer Abschwächung, da bei zunehmender Abkühlung der Höhlensohle die Erwärmung des einfallenden Luftstromes schwächer, also die Differenz der specifischen Gewichte der Innen- und der Außenluft kleiner wird. Der Luftwechsel hört gänzlich auf, wenn die Sohle, die Wände und die Decke der Höhle die Temperatur der Außenluft angenommen haben. Doch dazu kommt es wohl nie, weil die Temperatur im Freien nicht so lange unverändert bleibt, als hiezu erforderlich wäre.

Ohne die Erwärmung der Luft während ihres Eindringens in die Höhle zu berücksichtigen, habe ich früher gesagt: Der Luftwechsel findet seine untere Grenze in dem Horizonte jenes Punktes der Höhle, der mit der Außenluft gleiche Temperatur besitzt. Unter Berücksichtigung der nicht unbedeutenden Erwärmung ist nun obiger Satz in den folgenden umzugestalten:

Während einer Kälteperiode dringt die Außenluft nur bis zu jenem Horizont in die Höhle, dessen Temperatur von der vorausgegangenen Wärmeperiode her um so viel höher, als jene der Außenluft ist, um wie viel sich diese beim Herabsinken bis zu jenem Horizont erwärmt.

Beim Punkte *g*, der am Grunde der Höhle, $26{\cdot}_9$ *m* unter der Dammkrone liegt, wird darum erst dann Luftwechsel eintreten, wenn die Temperatur im Freien um einen nicht unbedeutenden Betrag unter jene bei *g* gesunken ist. Am 31. December 1893, Taf. II, Fig. 7, betrug die Temperatur im Freien $-4{\cdot}_9{}^0$, bei *g* $-2{\cdot}_8{}^0$; der Luftzug hörte aber schon in einer Tiefe von ungefähr 24 *m* auf.

Am 25. Februar 1894, Taf. II, Fig. 11, betrug die Temperatur im Freien $-2{\cdot}_6{}^0$ bei *g* $-2{\cdot}_0{}^0$; der Luftzug endete in einer Tiefe von 23 *m*.

Am 10. December 1893, Taf. II, Fig. 6, hatte der $19{\cdot}_9$ *m* tief liegende Punkt *m* gleiche Temperatur mit der Außenluft, nemlich $-0{\cdot}_2{}^0$; der Luftstrom endete bereits in einer Tiefe von ungefähr 7 *m* unter der Dammkrone.

Diese Beispiele bestätigen die Richtigkeit des obigen Satzes, lassen aber noch eine andere Eigenthümlichkeit erkennen. Trotzdem am 25. Februar 1894 der Temperaturunterschied zwischen der Luft im Freien und bei *g* nur $0{\cdot}_6{}^0$ betrug, reichte an diesem Tage der Luftzug ungefähr gleich tief in die Höhle, wie am 31. December 1893 bei einer Temperaturdifferenz von $2{\cdot}_1{}^0$. Die Erklärung hiefür finden wir in der verschiedenen Dauer der Kälteperioden. Wenn nemlich eine Kälteperiode einsetzt, wird auch bei relativ niedriger Außentemperatur die Luft anfänglich nicht tief in die Höhle sinken, weil sie von der noch warmen Sohle viel Wärme empfängt und dadurch schon nach kurzem Fall zum Aufsteigen gebracht wird. Je länger die Kälteperiode anhält, umsomehr wird die Sohle abgekühlt, umsoweniger rasch wird die einfallende Luft erwärmt. Sie muß darum einen weiteren Weg nach abwärts zurücklegen, um die zum Aufsteigen nöthige Wärme zu empfangen. Wie tief eine Kälteperiode in die Höhle dringt, hängt also nicht lediglich von dem obwaltenden Temperaturunterschiede, sondern auch von der Dauer der Kälteperiode ab. Eine schwache, aber lang dauernde Kälteperiode

kann bis zum Grunde dringen, während eine strenge, kurz währende, sich bloß in den höher liegenden Theilen der Höhle, nahe beim Eingange, fühlbar macht.

Wir haben erkannt, dass der Luftaustausch sowohl bei abnehmender, als auch bei constanter niedriger Außentemperatur anhält. Er hört aber auch nicht auf, wenn die Außentemperatur nach vorangegangenem Fall um weniges steigt. Der Luftwechsel erfährt dann vorläufig nur eine Abschwächung und eine räumliche Einschränkung; er erstreckt sich nicht mehr so tief in die Höhle wie früher; die Kälteperiode zieht sich langsam aus der Höhle gegen den Eingang zurück, und in dem von ihr verlassenen Gebiete nimmt die Wärmeperiode ihren Anfang. Erst wenn die Luft vor der Höhle die Temperatur des wärmsten Höhlenpunktes erreicht hat, hört jeder Luftwechsel auf, und die in der Höhle befindliche Luft bleibt bis zur nächsten Kälteperiode in dem sackförmigen Raume gefangen.

Die Kälteperioden ziehen sich demnach in ähnlicher Weise, wie sie vom Eingange gegen den Höhlengrund allmählich vordringen, langsam von unten nach oben wieder zurück, weshalb auch bei ihrem Rückzuge Kälte- und Wärmeperiode in der Höhle gleichzeitig auftreten. In allen diesen Fällen nimmt in der Höhle die Lufttemperatur nahe der Sohle vom Eingang abwärts im fallenden Luftstrom zu, noch tiefer aber, bis zum Grunde der Höhle in ruhiger Luft ab. Die Diagramme vom 20. October 1895, Taf. II, Fig. 39, und vom 1. November 1894, Fig. 23, machen diese Temperaturvertheilung anschaulich.

Die Abkühlung der Sohle durch den in den Kälteperioden einfallenden kalten Luftstrom, und die Entführung der Wärme ins Freie durch den Gegenstrom unter der Decke sind von größter Bedeutung für die Sommertemperatur der Höhle. Bedenkt man, dass diese Abkühlung der Sohle durch Tage, in strengen Wintern sogar durch Wochen ununterbrochen ihren Fortgang nimmt und sich im Laufe eines jeden Winters oftmals wiederholt, so kann man sich vorstellen, welch große Wärmemenge der Sohle entzogen wird.

Die Abkühlung erstreckt sich natürlich auch auf die Höhlenwände und die Decke, doch ist deren Abkühlung schwächer, weil sie von Luft bestrichen werden, die durch die Sohle schon etwas erwärmt worden ist. Am stärksten wird die Schwelle am Eingang abgekühlt, weil hier das Gestein mit der kältesten Luft in Berührung kommt; am wenigsten kühlt der Scheitel des Einganges ab, da dort die wärmste Luft ausströmt. Von der Schwelle an der Sohle abwärts bis zum Grunde der Höhle, an den Wänden aufwärts zur Decke und an dieser gegen den Scheitel des Einganges nimmt der Grad der Abkühlung allmählich ab. Daher kommt es, dass ein Punkt *x* der Sohle, Fig. 1, während einer Kälteperiode eine niedrigere Temperatur erhält, als der mit ihm in gleicher Höhe liegende Punkt *y* der Decke.

Natürlich muß aus der Höhle so viel Luft entweichen, als in sie dringt. Die Beobachtungen, besonders die vom 12. November 1893, haben zwar ergeben, dass durch den Eingang weniger Luft aus-, als eingetreten ist, doch findet das eine einfache Erklärung durch das Vorhandensein des Kamines *u*, der, einem Fabrikschornstein ähnlich, einem großen Theil der aufsteigenden, warmen Luft raschen Abzug ins Freie gewährte. Ein kleiner Theil der erwärmten Luft entweicht vielleicht auch durch den Schlot über *k* und durch Spalten in der Decke.

Die Fallgeschwindigkeit der kalten Luft nimmt vom Eingang abwärts ab, weil durch die Erwärmung das specifische Gewicht der Luft verringert wird. Geschwindigkeitsunterschiede sind ferner in jedem Querschnitte des Luftstromes vorhanden. Die Kerzenflamme zeigte die größte Geschwindigkeit ganz nahe der Sohle an. Mit größer werdendem Abstande von dieser nahm die Geschwindigkeit rasch ab. Diese Geschwindigkeitsunterschiede verrathen in jedem Stromquerschnitt eine Anordnung der Lufttheilchen nach dem specifischen Gewichte in der Weise, dass jedes mit der Sohle in Berührung stehende Lufttheilchen den Boden verlässt und im Strome aufsteigt, sobald es sich erwärmt hat. Es sucht dann im Strome den seiner Temperatur, beziehungsweise den seinem specifischen Gewichte entsprechenden Platz auf, um wieder zur Sohle zu fallen, sobald die unter ihm befindliche Luft von der Sohle eine höhere Temperatur erhält, als es selbst besitzt.

An der Decke konnten nicht, wie an der Sohle, Beobachtungen angestellt werden, doch leuchtet ein, dass der unter ihr gegen den Eingang steigende Luftstrom die größte Geschwindigkeit an seiner Oberseite besitzen muß, da die wärmste, also die dem stärksten Auftrieb unterliegende Luft dahin drängt. Weil die Luft an der Decke noch weiter erwärmt wird, so nimmt ihre Geschwindigkeit gegen den Eingang, beziehungsweise gegen den Kamin, zu. Die mit der Decke in Berührung stehenden Lufttheilchen entfernen sich von ihr nicht mehr. Während also die Bewegung der Lufttheilchen im absteigenden Luftstrom wellenförmig ist, ist sie im aufsteigenden geradlinig, das heißt parallel zur Decke verlaufend.

Hat eine Kälteperiode ihr Ende erreicht, so wird zwar die Luft in der Höhle nicht mehr durch Außenluft verdrängt, aber trotzdem stellt sich in der Höhle nicht sogleich der Gleichgewichtszustand in der Luft ein. Gar bald wäre zwar die Schichtung der Luft nach dem specifischen Gewichte, beziehungsweise nach der Temperatur vollzogen, würde nicht die Vertheilung der Temperatur in der Höhlenumrahmung die Herstellung des Gleichgewichtszustandes verzögern. Wir haben gehört, der Punkt x der Sohle hat eine niedrigere Temperatur, als der mit ihm in gleicher Höhe liegende Punkt y der Decke; ferner ist uns bekannt, dass die hochgelegenen Punkte der Sohle kälter sind, als die tiefer liegenden. Diese Temperaturvertheilung geht nun an den Berührungsstellen auf die eingeschlossene Luft über. Es besitzen folglich im gleichen Horizonte befindliche Lufttheilchen verschiedene Temperaturen; ferner gibt es hochliegende Lufttheilchen, die kälter sind, als tieferliegende — dies beides widerspricht direct den Gleichgewichtsbedingungen der Luft. Nach der Sohle fließt daher, wie zur Zeit der Kälteperiode, kalte Luft zur Tiefe, während von rückwärts, von der Decke, zu der vorderen, hochliegenden Sohle wärmere Luft nachströmt und, dort durch die Sohle abgekühlt, ebenfalls hinabsinkt. In der Höhle stellt sich ein geschlossener Luftstrom ein, der so lange anhält, bis ein vollständiger Temperaturausgleich zwischen der Umrahmung und der eingeschlossenen Luft stattgefunden hat. Dieser ideale Zustand tritt in Wirklichkeit nie ein, weil sich an verschiedenen Stellen der Höhle verschiedene und in verschiedenem Maße wirkende, temperaturerhöhende Einflüsse geltend machen. Es sei diesbezüglich vorläufig nur auf das Tropfwasser hingewiesen, das gerade bald nach Eintritt der Wärmeperioden am reichlichsten, aber immer nur an bestimmten Stellen, auf den Boden fällt und ziemlich große Wärmemengen in die Höhle bringt. Wie nahe trotzdem der ideale Zustand erreicht wird, zeigt das Diagramm

vom 28. Jänner 1894, Taf. II, Fig. 9, an welchem Tage die größte Temperaturdifferenz in der Höhle nur $0{\cdot}6^0$ betragen hat.

Das Wesentliche des besprochenen Vorganges besteht in der fortschreitenden Abkühlung der tiefer liegenden, rückwärtigen Sohle und der Decke, und der beginnenden Erwärmung der dem Eingang nahe befindlichen, hochliegenden Sohle. Die Höhlenluft dient hiebei als rasches Transportmittel der Wärme.

Für den Fall, dass eine Kälteperiode nicht bis zum Grunde der Höhle gereicht hat, stellt sich nach ihrem Ende an der Sohle eine ganz merkwürdige Temperaturvertheilung ein: Im Trichter ist es kälter als im Freien, und zwar nimmt die Temperatur an der Grenze zwischen Außenluft und Trichterluft von oben nach unten sprunghaft ab. In jener Strecke, wo der geschlossene Luftstrom die Sohle bestreicht, nimmt die Temperatur mit der Tiefe zu, und in dem tiefsten, von der Kälteperiode gar nicht betroffen gewesenen Theil der Höhle nimmt die Temperatur mit größer werdender Tiefe wieder ab. Eine derartige Temperaturvertheilung habe ich am 19. Jänner 1895 angetroffen, Taf. II, Fig. 27. Luftzugbeobachtungen wurden an diesem Tage bedauerlicherweise nicht angestellt.

Die hergestellte Gleichheit der Temperatur in der Höhle ist von kurzer Dauer. Das auf den Boden aufschlagende Tropfwasser und andere Factoren erwärmen die nächstliegende Luft, die aufsteigt und sich in dem höchsten Theile der Höhle unter der Decke sammelt. Während des Aufstieges gibt sie an die kältere Luft, die von ihr durchdrungen wird, und, oben angelangt, auch an den Deckenfels Wärme ab. Die nachfolgende Luft verliert etwas weniger Wärme, weil das Mittel, in dem sie aufsteigt, schon etwas vorgewärmt ist. Sie kommt folglich oben mit höherer Temperatur an und nimmt die höchste Stelle ein, indem sie ihre Vorgängerin nach abwärts drängt. Unter der Decke entwickelt sich also eine Schichtung der Luft nach der Temperatur, welche Schichtung allmählich an Mächtigkeit zunimmt, indem die oben neu zuwachsenden Schichten die älteren immer tiefer und tiefer hinabdrücken, bis diese endlich den Boden wieder berühren. Während des Herabsinkens kommen die Ränder der Luftschichten mit dem Fels der Wände in Berührung, der kälter ist, als sie selbst. Jede Luftschichte gibt also Wärme ab, wodurch der Unterschied zwischen ihrer und der Temperatur der höchsten Luftschichte gesteigert wird. Schließlich nimmt die Lufttemperatur in der ganzen Höhle von oben nach unten ab. Diese Temperaturvertheilung wird auch auf das Höhlengestein übertragen, so dass jene Sohlenpunkte, die während der Kälteperiode die niedrigsten Temperaturen besessen haben, in der darauffolgenden Wärmeperiode die wärmsten werden. Das davon abweichende Verhalten der Decke sei ausdrücklich hervorgehoben: In der Decke nimmt die Temperatur vom Eingang abwärts sowohl in den Kälteperioden als auch in den Wärmeperioden ab.

Ein gutes Bild von der Temperaturumkehrung in der Luft über der Sohle geben die Beobachtungen vom 31. December 1893 und vom 14. Jänner 1894, Taf. II, Fig. 7 und 8. In der Zwischenzeit war die Temperatur der Luft circa 30 *cm* über der Sohle gestiegen:

bei	I	von	$-4{\cdot}0^0$	auf	$-0{\cdot}7^0$	das	ist	um	$3{\cdot}3^0$
»	*o*	»	$-3{\cdot}5^0$	»	$-1{\cdot}2^0$	»	»	»	$2{\cdot}3^0$
»	*n*	»	$-3{\cdot}0^0$	»	$-1{\cdot}2^0$	»	»	»	$1{\cdot}8^0$
»	*p*	»	$-2{\cdot}8^0$	»	$-1{\cdot}4^0$	»	»	»	$1{\cdot}4^0$

bei m von $-2{\cdot}7^0$ auf $-1{\cdot}3^0$ das ist um $1{\cdot}4^0$
» k » $-2{\cdot}8^0$ » $-1{\cdot}7^0$ » » » $1{\cdot}1^0$
» g » $-2{\cdot}8^0$ » $-2{\cdot}3^0$ » » » $0{\cdot}5^0$

Die Luft haben wir in der Höhle zu allen Zeiten als äußerst wichtigen Transporteur der Wärme kennen lernen. In den Kälteperioden entzieht sie dem Gesteine Wärme und entführt diese ins Freie; in den Wärmeperioden vollführt sie zuerst eine gleichmäßige Vertheilung der im Höhlengestein befindlichen Wärme, und später befördert sie die vollständige Temperaturumkehrung der Sohle.

Das zeitliche Auftreten der Kälteperioden ist an niedere Temperaturen im Freien, also vornehmlich an den Winter gebunden, der vor der Höhle wegen der größeren Meereshöhe und der schattigen Lage von längerer Dauer ist, als unten im Thale oder auf der Sonnenseite der Dürren Wand. Diesen beiden Umständen möchte ich aber doch keine allzugroße Bedeutung beilegen, da es ja Eishöhlen gibt, die weniger hoch liegen oder an der Südseite eines Berges münden.

Auch während des Winters treten öfter vollkommen entwickelte Wärmeperioden im Tablerloch auf, wie z. B. am 14. Jänner und 11. Februar 1894, Taf. II, Fig. 8 und 10. Im Gegensatze hiezu dürfte wohl nur ausnahmsweise während der warmen Jahreszeit eine Unterbrechung der Wärmeperiode vorkommen. Ich habe eine solche im Tablerloch nicht beobachtet.

8. Vertheilung der relativen und absoluten Feuchtigkeit während der verschiedenen Perioden

Die von Manchen ausgesprochene Meinung, die niedrige Sommertemperatur der Eishöhlen sei eine Folge des Verbrauches von Wärme bei der Verdampfung des Wassers in der Höhle, hat mich bestimmt, durch ein Jahr Feuchtigkeitsbeobachtungen vor und in der Höhle anzustellen. Es hat sich gezeigt, dass im allgemeinen die relative Feuchtigkeit zur Zeit der Wärmeperioden von oben nach unten zunahm, zur Zeit der Kälteperioden jedoch in derselben Richtung abnahm.

a) Feuchtigkeitsgehalt in den Wärmeperioden

Der Wasserdampf, der sich während der Wärmeperioden in der Höhle befindet, ist zum Theil in der vorangegangenen Kälteperiode mit der Luft von außen in die Höhle gebracht worden, zum anderen Theil ist er in der Höhle selbst durch Verdampfen des Tropfwassers und des Eises entstanden, und zum geringsten Theil mag er in Ausnahmsfällen während der Wärmeperioden von außen durch den Eingang in die Höhle diffundiert sein. Der Hauptherd der Verdampfung liegt in dem untersten Theile des Hauptraumes der Höhle, weil dort das meiste Tropfwasser fällt, das, auseinanderspritzend, eine große Verdunstungsfläche darbietet. Da ferner an dieser Stelle in den Wärmeperioden die niedrigsten Temperaturen herrschen, überrascht es uns nicht, hier den größten Grad relativer Feuchtigkeit zu treffen. (Man sehe das Diagramm vom 28. Jänner 1894, Taf. II, Fig. 9.) Die in der Höhle entstehenden Dämpfe werden in der in Betracht gezogenen Zeit durch Luftströmungen aus der Höhle nicht entfernt, sie sammeln sich daher an, und über dem feuchten Boden der Halle entsteht eine mit Wasserdampf gesättigte Schichte (Diagramm vom 30. November 1893, Taf. II, Fig. 5), deren Mächtigkeit mit der Dauer der Wärmeperiode zunimmt. Wenn die Außenluft relativ trocken ist, diffun-

diert so viel Dampf aus der Höhle, dass der Feuchtigkeitsgehalt der Luft beim Eingange 100% nicht erreichen kann. Das Diagramm vom 1. September 1894, Taf. II, Fig. 20, zeigt jedoch, dass selbst sehr trockene Außenluft den relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft unter dem Eingange nicht viel zu drücken vermag.

Steigt der Feuchtigkeitsgehalt der Außenluft, wie am 14. Jänner 1894, Taf. II, Fig. 8, rasch zu großer Höhe an, so tritt der seltene Fall ein, dass Wasserdampf in die Höhle diffundiert.

Vollständig mit Dampf gesättigt waren die Außenluft und die Höhlenluft am 29. April 1894, Taf. II, Fig. 15. Das Psychrometer habe ich an diesem Tage im Freien gar nicht aufgestellt, weil starker Nebel ohnehin die vollständige Sättigung der Atmosphäre mit Wasserdampf erkennen ließ.

Der absolute Dampfgehalt nimmt, wenn die Wärmeperiode schon längere Zeit besteht, von unten nach oben zu. Die oberen Luftschichten sind ja die wärmeren und sind darum im Stande, größere Dampfmengen aufzunehmen, ohne unbedingt den relativen Feuchtigkeitsgrad der unteren Schichten zu erreichen. Es zeigt sich also die Eigenthümlichkeit, dass die dem Verdampfungsherde ferneren Luftschichten die größeren Dampfmengen enthalten. Siehe Diagramm vom 1. September 1894, Taf. II, Fig. 20.

Kurze Zeit nach Beginn einer Wärmeperiode finden in der Dampfvertheilung Unregelmäßigkeiten statt, die eine Folge der temperaturausgleichenden Luftströmungen sein dürften.

b) Feuchtigkeitsgehalt in den Kälteperioden

Wir wollen zunächst eine bis zum Grunde reichende Kälteperiode ins Auge fassen. Der in die Höhle fallende Luftstrom reisst den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf mit, und weil sich die Luft beim Herabsteigen an der Sohle erwärmt, nimmt ihr relativer Feuchtigkeitsgehalt mit wachsender Entfernung vom Eingang ab. Daran ändert die Thatsache nichts, dass die Luft, während sie über die Sohle streicht, Wasser und Eis zum Verdampfen bringt, also ihren absoluten Dampfgehalt vergrößert, da die neu aufgenommenen Dampfmengen zu gering sind, um die relative Austrocknung der Luft durch die rasche Erwärmung wett zu machen. Wenn also, wie am 12. November 1893, Taf. II, Fig. 4, die Kälteperiode bis zum Grunde reicht, nimmt die relative Feuchtigkeit vom Eingange bis *g* ab, der absolute Feuchtigkeitsgehalt hingegen bis *g* zu.

Herrscht nur im oberen Theil der Höhle Kälteperiode, im unteren Wärmeperiode, dann ist die Dampfvertheilung in jedem der beiden Theile die der betreffenden Periode entsprechende. Wenn in diesen letztgenannten Fällen die für den absoluten Dampfgehalt gefundenen Zahlen nicht immer ganz stimmen, so hat dies seinen Grund in der Schwierigkeit, aus Psychrometerbeobachtungen — insbesondere bei niedrigen Temperaturen — den absoluten Dampfgehalt mit großer Genauigkeit, wie es bei den geringen Abweichungen nothwendig wäre, zu ermitteln.

Am 31. December 1893, Taf. II, Fig. 7, ist eine Ausnahme von der Regel bemerkbar, da an diesem Tage der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft auch im Gebiete der Kälteperiode von oben nach unten zunahm. Das hieng mit der außerordentlich großen relativen Trockenheit ($48{\cdot}_4\,\%$) der einfallenden Außenluft zusam-

men, wodurch in der Höhle bei mäßiger Erwärmung der Luft eine besonders rasche Verdunstung unterhalten wurde.

Im aufsteigenden Luftstrome konnten der Unzugänglichkeit wegen keine Beobachtungen vorgenommen werden. Doch ist es mehr als wahrscheinlich, dass auch dieser Strom mit längerem Wege im allgemeinen infolge der zunehmenden Erwärmung relativ trocken wird, obwohl auch er seinen absoluten Gehalt an Wasserdampf vergrößert. Die Höhlenluft tritt daher gegenüber der Außenluft warm und relativ trocken, aber absolut reicher mit Dampf beladen ins Freie. Das Gemisch beider Luftarten kann mit Dampf übersättigt sein, in welchem Falle der Dampfüberschuss als Nebel ausgeschieden wird. Obwohl ich diese Erscheinung beim Tablerloch nie wahrgenommen habe, bezweifle ich nicht, dass diese Höhle in manchen Kälteperioden Nebel ausstößt.

9. Jährlicher Gang der Temperatur und der Feuchtigkeit im Freien und in der Höhle

Um einen Ueberblick über den jährlichen Gang der Temperatur zu erhalten, habe ich die Diagramme Taf. III, Fig. 1—8, construiert. Jedem Punkt, an dem beobachtet wurde, entspricht ein Diagramm, das die Benennung des Punktes führt. Die Zwischenzeiten von einem Besuchstage zum anderen wurden als Abscissen, die gefundenen Temperaturen als Ordinaten aufgetragen. Die Diagramme sind in der Reihenfolge untereinander gezeichnet, wie die Beobachtungsorte einander folgen, wenn man in die Höhle steigt.

Auf den ersten Blick fällt der mehr oder weniger übereinstimmende Verlauf der Temperaturcurven aller Höhlenpunkte mit der Curve des im Freien befindlichen Punktes III auf. Die Uebereinstimmung ist in der kalten Jahreszeit größer als in der warmen. Entsprechend den Zacken der Curve III des Winters 1893/94 steigt und fällt selbst noch die Curve des tiefliegenden Punktes *g*, während zur Sommerszeit die unregelmäßigen Schwankungen der Curve III den regelmäßigen Verlauf der Temperaturcurven in der Höhle nicht stören, sich höchstens nur dann und wann beim Eingang etwas bemerkbar machen. Es kommt dies daher, dass in der Regel nur im Winter die Lufttemperatur im Freien unter jene in der Höhle sinkt, daher nur in dieser Jahreszeit Luftmassen von außen in die Höhle fallen und dort Temperaturänderungen hervorbringen können. Etwas Luft dringt freilich auch im Sommer — und zwar möglicherweise continuierlich — durch den Eingang in die Höhle; denn da das Schmelz- und Tropfwasser nach unten einen Ausweg aus der Höhle findet, müssen enge Canäle nach Schicht- oder Kluftflächen vom Höhlengrunde schräg abwärts ins Freie führen. Gestatten aber diese Canäle dem Wasser den Austritt, so können sie ihn im Sommer auch der kalten, schweren Höhlenluft nicht verwehren, außer sie wären, was gewiss nicht immer der Fall ist, mit Wasser ganz erfüllt. Es ist folglich anzunehmen, dass wenigstens zeitweise in den Wärmeperioden kalte Luft aus der Höhle nach unten abfließt und ins Freie zieht. Die in der Höhle zurückbleibende Luft sackt nach, und durch die hochgelegene Höhlenmündung tritt warme Außenluft zum Ersatz ein. Wie geringfügig der auf solche Art sich vollziehende Luftwechsel ist, geht daraus hervor, dass er zwar vermuthet, aber trotz größter Achtsamkeit nie wirklich wahrgenommen werden konnte. Verschwindend, wie der Luftwechsel selbst, sind die durch ihn in die Höhle beförderten

diert so viel Dampf aus der Höhle, dass der Feuchtigkeitsgehalt der Luft beim Eingange 100% nicht erreichen kann. Das Diagramm vom 1. September 1894, Taf. II, Fig. 20, zeigt jedoch, dass selbst sehr trockene Außenluft den relativen Feuchtigkeitsgehalt der Luft unter dem Eingange nicht viel zu drücken vermag.

Steigt der Feuchtigkeitsgehalt der Außenluft, wie am 14. Jänner 1894, Taf. II, Fig. 8, rasch zu großer Höhe an, so tritt der seltene Fall ein, dass Wasserdampf in die Höhle diffundiert.

Vollständig mit Dampf gesättigt waren die Außenluft und die Höhlenluft am 29. April 1894, Taf. II, Fig. 15. Das Psychrometer habe ich an diesem Tage im Freien gar nicht aufgestellt, weil starker Nebel ohnehin die vollständige Sättigung der Atmosphäre mit Wasserdampf erkennen ließ.

Der absolute Dampfgehalt nimmt, wenn die Wärmeperiode schon längere Zeit besteht, von unten nach oben zu. Die oberen Luftschichten sind ja die wärmeren und sind darum im Stande, größere Dampfmengen aufzunehmen, ohne unbedingt den relativen Feuchtigkeitsgrad der unteren Schichten zu erreichen. Es zeigt sich also die Eigenthümlichkeit, dass die dem Verdampfungsherde ferneren Luftschichten die größeren Dampfmengen enthalten. Siehe Diagramm vom 1. September 1894, Taf. II, Fig. 20.

Kurze Zeit nach Beginn einer Wärmeperiode finden in der Dampfvertheilung Unregelmäßigkeiten statt, die eine Folge der temperaturausgleichenden Luftströmungen sein dürften.

b) Feuchtigkeitsgehalt in den Kälteperioden

Wir wollen zunächst eine bis zum Grunde reichende Kälteperiode ins Auge fassen. Der in die Höhle fallende Luftstrom reisst den in der Atmosphäre enthaltenen Wasserdampf mit, und weil sich die Luft beim Herabsteigen an der Sohle erwärmt, nimmt ihr relativer Feuchtigkeitsgehalt mit wachsender Entfernung vom Eingang ab. Daran ändert die Thatsache nichts, dass die Luft, während sie über die Sohle streicht, Wasser und Eis zum Verdampfen bringt, also ihren absoluten Dampfgehalt vergrößert, da die neu aufgenommenen Dampfmengen zu gering sind, um die relative Austrocknung der Luft durch die rasche Erwärmung wett zu machen. Wenn also, wie am 12. November 1893, Taf. II, Fig. 4, die Kälteperiode bis zum Grunde reicht, nimmt die relative Feuchtigkeit vom Eingange bis *g* ab, der absolute Feuchtigkeitsgehalt hingegen bis *g* zu.

Herrscht nur im oberen Theil der Höhle Kälteperiode, im unteren Wärmeperiode, dann ist die Dampfvertheilung in jedem der beiden Theile die der betreffenden Periode entsprechende. Wenn in diesen letztgenannten Fällen die für den absoluten Dampfgehalt gefundenen Zahlen nicht immer ganz stimmen, so hat dies seinen Grund in der Schwierigkeit, aus Psychrometerbeobachtungen — insbesondere bei niedrigen Temperaturen — den absoluten Dampfgehalt mit großer Genauigkeit, wie es bei den geringen Abweichungen nothwendig wäre, zu ermitteln.

Am 31. December 1893, Taf. II, Fig. 7, ist eine Ausnahme von der Regel bemerkbar, da an diesem Tage der relative Feuchtigkeitsgehalt der Luft auch im Gebiete der Kälteperiode von oben nach unten zunahm. Das hieng mit der außerordentlich großen relativen Trockenheit ($48{\cdot}_4\,\%$) der einfallenden Außenluft zusam-

men, wodurch in der Höhle bei mäßiger Erwärmung der Luft eine besonders rasche Verdunstung unterhalten wurde.

Im aufsteigenden Luftstrome konnten der Unzugänglichkeit wegen keine Beobachtungen vorgenommen werden. Doch ist es mehr als wahrscheinlich, dass auch dieser Strom mit längerem Wege im allgemeinen infolge der zunehmenden Erwärmung relativ trocken wird, obwohl auch er seinen absoluten Gehalt an Wasserdampf vergrößert. Die Höhlenluft tritt daher gegenüber der Außenluft warm und relativ trocken, aber absolut reicher mit Dampf beladen ins Freie. Das Gemisch beider Luftarten kann mit Dampf übersättigt sein, in welchem Falle der Dampfüberschuss als Nebel ausgeschieden wird. Obwohl ich diese Erscheinung beim Tablerloch nie wahrgenommen habe, bezweifle ich nicht, dass diese Höhle in manchen Kälteperioden Nebel ausstößt.

9. Jährlicher Gang der Temperatur und der Feuchtigkeit im Freien und in der Höhle

Um einen Ueberblick über den jährlichen Gang der Temperatur zu erhalten, habe ich die Diagramme Taf. III, Fig. 1—8, construiert. Jedem Punkt, an dem beobachtet wurde, entspricht ein Diagramm, das die Benennung des Punktes führt. Die Zwischenzeiten von einem Besuchstage zum anderen wurden als Abscissen, die gefundenen Temperaturen als Ordinaten aufgetragen. Die Diagramme sind in der Reihenfolge untereinander gezeichnet, wie die Beobachtungsorte einander folgen, wenn man in die Höhle steigt.

Auf den ersten Blick fällt der mehr oder weniger übereinstimmende Verlauf der Temperaturcurven aller Höhlenpunkte mit der Curve des im Freien befindlichen Punktes III auf. Die Uebereinstimmung ist in der kalten Jahreszeit größer als in der warmen. Entsprechend den Zacken der Curve III des Winters 1893/94 steigt und fällt selbst noch die Curve des tiefliegenden Punktes *g*, während zur Sommerszeit die unregelmäßigen Schwankungen der Curve III den regelmäßigen Verlauf der Temperaturcurven in der Höhle nicht stören, sich höchstens nur dann und wann beim Eingang etwas bemerkbar machen. Es kommt dies daher, dass in der Regel nur im Winter die Lufttemperatur im Freien unter jene in der Höhle sinkt, daher nur in dieser Jahreszeit Luftmassen von außen in die Höhle fallen und dort Temperaturänderungen hervorbringen können. Etwas Luft dringt freilich auch im Sommer — und zwar möglicherweise continuierlich — durch den Eingang in die Höhle; denn da das Schmelz- und Tropfwasser nach unten einen Ausweg aus der Höhle findet, müssen enge Canäle nach Schicht- oder Kluftflächen vom Höhlengrunde schräg abwärts ins Freie führen. Gestatten aber diese Canäle dem Wasser den Austritt, so können sie ihn im Sommer auch der kalten, schweren Höhlenluft nicht verwehren, außer sie wären, was gewiss nicht immer der Fall ist, mit Wasser ganz erfüllt. Es ist folglich anzunehmen, dass wenigstens zeitweise in den Wärmeperioden kalte Luft aus der Höhle nach unten abfließt und ins Freie zieht. Die in der Höhle zurückbleibende Luft sackt nach, und durch die hochgelegene Höhlenmündung tritt warme Außenluft zum Ersatz ein. Wie geringfügig der auf solche Art sich vollziehende Luftwechsel ist, geht daraus hervor, dass er zwar vermuthet, aber trotz größter Achtsamkeit nie wirklich wahrgenommen werden konnte. Verschwindend, wie der Luftwechsel selbst, sind die durch ihn in die Höhle beförderten

Wärmemengen. Darum ist es ausgeschlossen, die Temperaturerhöhung der Höhle während des Sommers diesem Eindringen warmer Außenluft zuzuschreiben.

Aus den Diagrammen III bis *g*, Taf. III, Fig. 1—8, ersieht man: wenn die Temperatur im Freien steigt, so geht auch die Höhlentemperatur in die Höhe,[1]) und zwar umsomehr, je näher die Punkte dem Eingange liegen, also je näher sie der äußeren Luft sind. Das könnte uns auf den Gedanken bringen, ein Wärmestrom dränge durch die Luft von außen in die Höhle, wenn wir nicht wüssten, dass die Luft die Wärme nach abwärts sozusagen gar nicht leitet.

Ein wichtiger Umstand spricht überhaupt dagegen, dass die **Erwärmung der Höhle** zu allen Zeiten der Hauptsache nach durch Wärmezufuhr von außen stattfindet, nemlich der, dass die Höhlentemperatur im Winter, gleich nach dem Ende der Kälteperioden, viel rascher in die Höhe geht als im Sommer.

Erfolgte die Erwärmung der Höhle jederzeit der Hauptsache nach von außen, so müsste gerade im Sommer wegen des zu dieser Zeit herrschenden, in die Höhle gerichteten, größeren Temperaturgefälles die Erwärmung rascher als im Winter vorwärtsschreiten. Dass dies nicht geschieht, zeigt die folgende Tabelle, worin Temperaturerhöhungen der Höhle im Winter und im Sommer einander gegenüber gestellt sind:

Punkt	Erhöhung der Temperatur in der Zeit vom:			
	31. December 1893 bis 14. Jänner 1894		31. März 1894 bis 1. September 1894	
	a) im Laufe von 14 Tagen	*b)* durchschnittlich im Tag	*a)* im Laufe von 153 Tagen	*b)* durchschnittlich im Tag
I	3·3	0·24	6·7	0·044
o	2·3	0·16	4·9	0·032
n	1·8	0·13	3·4	0·022
p	1·4	0·10	1·9	0·012
m	1·4	0·10	1·8	0·012
k	1·1	0·08	1·4	0·009
g	0·5	0·04	1·2	0·008

Nach dieser Tabelle ist die Höhlentemperatur im Winter unmittelbar nach einer Kälteperiode durchschnittlich im Tag fünf- bis nahezu neunmal so rasch gestiegen, als im Sommer. Bedenkt man, dass die Kälteperiode vom 31. December 1893 wahrscheinlich noch mehrere Tage ununterbrochen angehalten hat, dass ferner

---

[1]) Ausnahmen hievon treten scheinbar öfter ein, wie z. B. in der Zeit vom 23. Mai bis zum 1. Juni 1895, wo dem Ansteigen der Curve III um 5·9° ein Fallen der Curve I um 1·0° gegenüber steht. Das kommt davon, dass die in den Diagrammen vollgezogenen geraden Linien nicht dem continuierlichen Verlaufe der Temperaturen entsprechen. Zwischen dem 23. Mai und dem 1. Juni 1895 war sicher eine Kälteperiode gelegen, deren Nachwirkung bei I noch am 1. Juni verspürbar war. Ich habe in den Diagrammen III und I diese Kälteperiode durch gestrichelte Linien angedeutet, wodurch die scheinbare Ausnahme verschwindet.

vielleicht bis zum 14. Jänner nach kurzer Unterbrechung noch manche andere Kälteperiode hereingebrochen sein mochte, wodurch die Zeit der Erwärmung weit unter 14 Tage herabgedrückt ward, während in der Zeit vom 31. März 1894 bis 1. September d. J. kaum eine solche bedeutendere, bis zum Höhlengrund reichende Störung stattgefunden haben dürfte, so stellt sich in der Raschheit der Erwärmung der Höhle ein noch größerer Unterschied heraus. Es gewinnt den Anschein, als ob die hohe Sommertemperatur im Freien die Erwärmung in der Höhle verzögerte, etwa in der Weise, dass die warme, relativ trockene Sommerluft die Diffusion des Wasserdampfes aus der Höhle begünstigte und hiedurch die Verdampfung des Wassers am Höhlengrunde förderte, wodurch die aus irgend welchen Quellen der Höhle zugeführte Wärme zum großen Theil verbraucht würde. Wie irrig aber eine solche Anschauung wäre, beweisen die Jahresdiagramme des relativen Feuchtigkeitsgehaltes, Taf. III, Fig. 9—12. Der relative Feuchtigkeitsgehalt der Höhlenluft bei *g* und bei dem dem Eingange näheren Punkte *m* ist während des ganzen Frühjahres und Sommers 1894 nie unter 100% gesunken, und selbst unter dem Eingange nie viel unter 100%. Bei solch' hohem Feuchtigkeitsgehalte der Luft ist das Wasser in der Höhle natürlich äußerst langsam verdunstet, und die Verdunstungskälte konnte sich kaum fühlbar machen; sie konnte folglich auch nicht die Ursache der niedrigen Sommertemperatur sein.

In den Fig. 13—16, Taf. III, ist der jährliche Gang des absoluten Feuchtigkeitsgehaltes der Luft graphisch dargestellt.

Der im Volke fast allgemein verbreitete Glaube, in den Eishöhlen sei es im Winter warm, im Sommer kalt, hat auch bei den Anwohnern des Tablerloches Anhänger gefunden; doch hat dieser Glaube, wie aus meinen Messungen hervorgeht, keine Berechtigung. Die falsche Meinung ist dadurch entstanden, dass beim Betreten der Eishöhlen nur nach dem trügerischen Gefühle geurtheilt wurde.[1]) Am 12. November 1893 betrug die Lufttemperatur im Freien — $6{\cdot}_2{}^0$, bei *g* — $1{\cdot}_5{}^0$. Der Aufenthalt war in der Höhle trotz ihrer Temperatur unter dem Gefrierpunkt um vieles angenehmer als im Freien. Am 28. August 1895 stand das Thermometer vor der Höhle auf + $15{\cdot}_6{}^0$ und in der Höhle bei *g* auf + $0{\cdot}_3{}^0$. In der Höhle empfand ich Kälte. Nicht die absolute Temperatur in der Höhle, sondern der Gegensatz der Temperaturen außerhalb und in der Höhle bestimmt das Gefühl von Wärme und Kälte. Schließt man nur nach dem Gefühl auf die Temperatur in der Höhle, so führt dies unvermeidlich zu schweren Irrthümern.

Meine Beobachtungen lassen im Gegensatze zum Volksglauben Folgendes erkennen:

1. Im Tablerloch ist es im Winter kälter als im Sommer; doch ist es im Winter in der Höhle bald kälter, bald wärmer als im Freien. Im Sommer ist es in der Höhle fast ausnahmslos kälter als im Freien.

2. Die Temperaturerniedrigungen in der Höhle sind eine Folge des Eindringens kalter Außenluft und daher fast ausschließlich auf die kalte Jahreszeit, also auf den Winter beschränkt.

---

[1]) Vergl. auch A. v. Böhm: «Führer durch die Hochschwab-Gruppe», 2. Auflage, Wien 1896, S. 115 (Frauenmauer-Höhle).

3. Die hohe Lage des Höhleneinganges gegenüber der Sohle, und die Geschlossenheit der Höhle nach unten — also die »Sackform« der Höhle — ermöglichen das Einfallen der kalten Winterluft und dadurch eine starke Abkühlung des Höhlengesteines, wogegen sie das Eindringen warmer Sommerluft, folglich die Erwärmung des Gesteines durch diese Luft verhindern. Da ferner eine directe Sonnenstrahlung in der Höhle nicht platzgreift, so bleibt das Gestein sowie die von ihm im Hohlraume eingeschlossene Luft auch während des Sommers kalt.

4. Im Tablerloch sind folglich die niedrigeren Sommertemperaturen eine Nachwirkung des Winters.

Die von Deluc-Thury aufgestellte und von E. Fugger durch zahlreiche Beobachtungen in den Höhlen des Untersberges mit großer Schärfe begründete Eishöhlentheorie findet auch in dieser Höhle volle Geltung.

Wir finden jetzt die niedrigen Sommertemperaturen in der Höhle verständlich. Die Frage nach den Ursachen der Erwärmung — insbesondere nach den Ursachen der raschen Erwärmung nach jeder Kälteperiode, selbst im Winter, und der langsamen während des Sommers — ist noch unbeantwortet. Um hierüber ins Klare zu kommen, müssen wir alle Factoren in Betracht ziehen, die in der Höhle — sei es im positiven oder negativen Sinne — Temperaturänderungen veranlassen können.

a) Temperaturerhöhung infolge des Eindringens warmer Luft zum Ersatz der unten aus der Höhle durch Fugen abfließenden kalten Luft

Wie geringfügig die auf solche Weise stattfindende Erwärmung der Höhle ist, ist bereits auf Seite 43 [29] auseinandergesetzt worden.

b) Temperaturänderungen infolge von Luftdruckschwankungen und Winden

Besteht eine Wärmeperiode schon so lange, dass die eingesackte Luft nach ihrer Temperatur geschichtet ist, dann nimmt auch in den felsigen Grenzflächen der Höhle die Temperatur von oben nach unten ab. Denken wir uns die eingesackte Luft in dünne, horizontale Schichten von der Höhe h zerlegt, so herrscht in jeder solchen Schichte und in dem anstoßenden, schmalen, horizontal verlaufenden Felsstreifen, an dem die Luftschichte den Fels berührt, nahezu Temperaturgleichheit. Steigt der Luftdruck im Freien, so wird in der Höhle jede einzelne Schichte in der Höhle zusammengepresst. Ist der Verlust, den sie an Höhe erleidet, $\frac{1}{n}h$, so wird die ursprüngliche Gesammthöhe nh von n Schichten auf $(n-1)h$ reduciert. Es wird sich daher, von unten nach oben gezählt, zur Zeit des erhöhten Luftdruckes die n te Luftschichte dort befinden, wo bei niedrigem Druck die $(n-1)$ te Schichte war. Die 2 n te Schichte wird an die Stelle der $(2n-2)$ ten und allgemein, die pn te Schichte an den Platz der $(pn-p)$ ten Schichte rücken. Die Verschiebung einer Schichte ist umso größer, je höher sie ursprünglich über dem Grunde liegt. Gilt das schon unter der Voraussetzung einer vollkommen cylindrisch geformten Höhle, so hat es erhöhte Geltung, wenn sich die Höhle, wie es beim Tablerloche der Fall ist, nach unten beträchtlich erweitert, weil dann die Schichten beim Herabsinken auch noch an Höhe verlieren, indem sie sich seitlich ausbreiten. Bei Luft-

druckschwankungen wird folglich die Ortsveränderung der oberen, dem Eingang nahen Schichten ziemlich groß sein. Die streifenförmigen Wärmezonen der Felsoberfläche bleiben aber fix, daher bei Druckerhöhungen von oben herabgedrückte, wärmere Luftschichten mit kälterem Gestein in Berührung treten und an dieses Wärme abgeben. Sinkt der Luftdruck auf seinen früheren Stand, so steigen die abgekühlten Luftschichten wieder in die Höhe, treten aber nun mit Felsstreifen in Berührung, die auf eine höhere Temperatur gebracht worden waren, und die ihnen Ersatz für jene Wärme bieten, die sie in tieferer Lage verloren haben. Die Wärme, die jetzt von den Luftschichten dem Fels entzogen wird, ist zur Zeit des höheren Luftdruckes von den damals herabgedrückten Luftschichten an den Fels abgegeben worden. Das Endresultat jeder vollen Luftdruckschwankung besteht sonach in einer Abgabe von Wärme aus den höher liegenden Luftschichten an die tiefer liegenden durch Vermittlung der felsigen Umrahmung, die vorübergehend als Wärmemagazin dient. Obwohl jede einzelne Luftschichte immer um dieselbe Mittellage schwankt, schreitet der Wärmetransport bei wiederholten Luftdruckschwankungen doch über die Schwingungsweite hinaus gegen den Grund der Höhle zu.

Bei hohem Luftdruck erfüllt die zusammengepresste Höhlenluft nicht mehr den ganzen Höhlenraum; der höchstgelegene Theil der Höhle wird darum von nachgerückter, warmer Außenluft eingenommen, die dem Fels Wärme zuführt. Beim Sinken des Barometers wird freilich die eingedrungene Außenluft wieder aus der Höhle gedrängt, aber die vom Fels aufgenommene Wärme bleibt zurück und kommt zum Theil der an ihren alten Ort zurückgekehrten Höhlenluft, zum anderen Theil deren Gestein dauernd zugute.

Bei jeder Luftdruckschwankung während der Wärmeperioden gelangt also von außen Wärme in die Höhle, und die in der Höhle bereits befindliche Wärme wird gegen den Grund der Höhle eine Strecke weit befördert, deren Größe vom Eingang abwärts abnimmt. Folglich steigt die Temperatur zwar an allen Punkten der Höhle gleichzeitig, doch an den Punkten, die dem Eingang näher liegen, mehr als an denen, die ihm ferner sind.

Mag der Erfolg einer einzelnen Luftdruckschwankung noch so gering sein, die vielen Schwankungen während der langen Wärmeperioden im Sommer summieren sich doch in ihren Wirkungen zu einem beachtenswerthen Gesammterfolge. Dazu kommt noch, dass jeder gegen den Höhleneingang gerichtete Windstoß wie eine Luftdruckerhöhung wirkt, und die darauf folgende Pause einer Luftdruckverminderung entspricht; ferner dass ein Windstoß, der über den Trichter hinweg streicht, wegen seiner saugenden Eigenschaft einer Luftdruckerniedrigung, die darauf folgende windstille Pause einer Luftdruckerhöhung gleichkommt.

Wenn Luft gepresst wird, erhält sie eine höhere Temperatur; dehnt sie sich hierauf wieder aus, so kühlt sie wieder ab. Luftdruckschwankungen rufen folglich auch auf diese Art Temperaturänderungen hervor. Weil aber diese sehr geringe sind und sich gegenseitig aufheben, können sie unbeachtet bleiben.

Von Bedeutung für die Erwärmung — allerdings fast ausschließlich des Trichters — ist die directe Vermischung der eingesackten Luft mit warmer Außenluft, die manchmal bei Winden stattfindet. Am 27. April und am 23. Mai 1895 konnte ich bei schwachen Winden aus dem Treiben des Nebels im Trichter er-

kennen, dass Außenluft in den Trichter drang und sich, Wirbel bildend, mit der Luft im Trichter mengte.

c) Einfluss der directen Sonnenstrahlung

Wegen des nach Nord gerichteten Einganges des Tablerloches kann die Sonne niemals in die Höhle scheinen. Nur an wenigen Tagen des Jahres treffen ihre Strahlen den vorderen Trichterrand. Directe Sonnenstrahlung ist folglich an der Temperaturerhöhung im Tablerloch, wie schon früher erwähnt, nicht betheiligt.

d) Einfluss des in die Höhle dringenden Wassers auf die Höhlentemperatur

Schmelz- und Regenwasser gelangen in das Tablerloch durch den Eingang, den Kamin, den Schlot über *k*, aus einer Kluft oder einem Gange hoch über *e* und durch verschiedene Spalten und Löcher der Decke. Das Schmelzwasser stammt vom Schnee, der die Höhlendecke überlagert, oder von der Schneeansammlung im Trichter. Seine ursprüngliche Temperatur ist Null, die des Regenwassers höher.

Sickert Wasser, einer Spalte folgend, von der Bergoberfläche durch die Decke in die Höhle, so nähert sich seine Temperatur der Gesteinstemperatur und umgekehrt. Da die Gesteinstemperatur hier im Winter unter Null ist, kommt in der Spalte ein Theil des Wassers zum Gefrieren, der Rest aber tritt mit einer Temperatur von 0^0 an der Unterseite der Decke in die Höhle und tropft ab. Durch die fortschreitende Eisbildung friert die Spalte endlich zu, und über dem Eispfropfen staut sich das Wasser, bis es einen Ausweg durch eine benachbarte Spalte in die Höhle findet.[1]) Damit ist die nicht selten wahrgenommene Erscheinung erklärt, dass manche am Boden der Höhle befindlichen Stalagmiten zu wachsen aufhörten, ja durch Verdunstung sogar kleiner wurden, während in ihrer Nachbarschaft neue erstanden.

In den Wärmeperioden entzieht die Decke dem eindringenden Wasser und der sich unter ihr sammelnden Luft Wärme. Hat sie die Nulltemperatur erreicht, so geht der feste Zusammenhang zwischen den Wandungen der Spalten und dem in den Spalten befindlichen Eise verloren; durch den entstehenden schmalen Zwischenraum findet das Sickerwasser seine alten Wege in die Höhle wieder, womit der reichliche Tropfenfall im Frühjahr in Zusammenhang stehen dürfte. Mit dem Spalteneis in Berührung trägt das Wasser zur Schmelzung des Eises unmittelbar bei, kühlt sich aber selbst auf 0^0 ab. Erst wenn alles Eis in den Spalten der Decke geschmolzen ist, steigt die Temperatur des Deckengesteines in der Nähe der Spalten über Null, und die Temperatur des vom Regen stammenden Sickerwassers sinkt nicht mehr auf Null herab. Die Temperatur des an der Decke erscheinenden Tropfwassers nimmt also von diesem Augenblick an zu und steigt bis zum Eintritte der ersten Kälteperiode im Herbst; dieses Steigen erfolgt jedoch hier recht langsam, da sich über dem Tablerloch kein Sammelgebiet für die Niederschläge befindet, ein großer Theil des meteorischen Wassers in den Kronen der Waldbäume hängen bleibt und dort verdunstet, und das wenige in den Boden dringende Wasser beim Durchgang durch die ungefähr 40 *m* mächtige Decke an diese viel Wärme abgibt.

---

[1]) Sieh hierüber E. Terlanday: «Sommereisbildung in der Eishöhle von Szilicze», Petermann's Mittheilungen 1896, S. 217.

Messungen der Tropfwassertemperatur habe ich nicht vornehmen können, weil die Tropfwassermengen zu gering waren; zu ihrer Sammlung in einem Gefäße wäre so lange Zeit nöthig gewesen, dass die Wassertemperatur durch die Lufttemperatur zu sehr beeinflusst worden wäre. Gegen die Richtigkeit des über die Tropfwassertemperatur Gesagten dürfte sich aber doch kaum ein Einwand erheben lassen.

Aus meinen Aufschreibungen geht hervor: In der kalten Jahreszeit ist der Tropfenfall am schwächsten, und gelegentlich bleibt er ganz aus; im Frühjahre nimmt der Tropfwasserreichthum wesentlich zu, und im Sommer und im Herbst schwankt er. Das kommt daher, dass im Winter die Niederschläge zumeist in fester Form fallen und, wenn sie schmelzen und einsickern, in den Deckenspalten zu einem großen Theile wieder gefrieren. Im Früjahre kann durch das Freiwerden der Deckenspalten das Schmelz- und Regenwasser in reichem Maße in die Höhle dringen. Im Sommer und Herbst hängt der Tropfenfall von gelegentlichen Gewitter- und Landregen ab.

Weil das Tropfwasser die Decke — die an ihrer Unterseite stets wärmer als die Sohle ist — durchdringt, ist seine Temperatur immer höher als jene der Sohle, auf die es fällt; das Tropfwasser steigert also die Temperatur der Sohle, somit auch jene der Höhle.[1]) Trotz dem durchschnittlich recht mäßigen Tropfenfalle halte ich die Wärmezufuhr durch das Wasser für bedeutend genug, um beachtet zu werden, da die Wärmecapacität des Wassers gegenüber der Luft und dem Fels groß ist.

Jenes Wasser, das durch den Eingang und durch den Kamin *u* in die Höhle gelangt, legt einen kürzeren Weg zurück, als das, das durch die Decke geht. Außerdem wird es nicht durch sich verengende Klüfte aufgehalten, sondern fließt frei dahin; es kommt folglich rascher und, wenn es sich um Regenwasser handelt, auch wärmer in die Höhle. Manchmal fließen aus dem Trichter, wie im Humus eingerissene Rinnsale bezeugen, wirkliche Regenbächlein in die Höhle, die zwar schon nach einem nur einige Meter langem Laufe versiegen, aber doch dem oberen Höhlentheil in kurzer Zeit nennenswerthe Wärmemengen zuführen und dessen Temperatur erhöhen. Besonders viel Wärme erhält der Trichter durch den Regen, weil dieser unmittelbar in den Trichter fällt.

Der Vollständigkeit wegen sei noch bemerkt, dass beim Aufschlage jedes einzelnen Wassertropfens auf die Sohle Arbeit in Wärme umgesetzt und somit die Tropfwassertemperatur um weniges erhöht wird.

e) Das Freiwerden von Wärme beim Gefrieren des Wassers

Eis bildet sich im Tablerloch, wenn bei einer Höhlentemperatur unter Null Wasser in die Höhle dringt. Dies trifft sowohl während der Kälte-, als auch zum Theil während der Wärmeperioden zu. In den Kälteperioden wird die beim Gefrieren freiwerdende Wärme durch den aufsteigenden Luftstrom entführt, in den Wärmeperioden aber verbleibt sie in der Höhle und erhöht deren Temperatur dauernd. Die in Rede stehende Wärmequelle versiegt, sobald die Höhlentemperatur 0^0 erreicht hat.

---

[1]) E. Fugger: «Beobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges bei Salzburg», Salzburg 1888, S. 52.

(Gedr. 25. IV. 1899)

f) Verbrauch von Wärme beim Schmelzen des Eises und des Schnees

Ist die Höhlentemperatur über Null gestiegen, so beginnt das Eis zu schmelzen. Die hiezu nöthige Wärmemenge wird in erster Linie dem auf das Eis fallenden Tropfwasser, in zweiter Linie der Höhlenluft entzogen, wodurch eine weitergehende Temperatursteigerung in der Höhle — je nach der vorhandenen Eismenge mehr oder weniger — verzögert wird. Mit dem vollständigen Schwinden des Eises geht keine sprunghafte Erwärmung der Höhle vor sich, weil der gegen die Erwärmung gerichtete Einfluss des Eises mit der Eismenge allmählich abnimmt.

Der schmelzende Schnee im Trichter verbraucht, wie das Eis in der Höhle, Wärme. Zumeist wird diese durch den Regen gespendet, der im Trichter direct auf den Schnee fällt. Regnet es nicht, dann gibt die im Trichter befindliche Luft an den Schnee Wärme ab. Abgekühlt, fällt die Luft in die Höhle, und insofern trägt die Schneehalde auch einiges zur Erhaltung der niedrigen Höhlentemperatur bei. Die Existenz der Schneehalde ist aber keine unerlässliche Vorbedingung für das Eishöhlenphänomen, was daraus gefolgert werden kann, dass im Tablerloch durch ungefähr sechs Monate im Jahre kein Schnee liegt, die Sommertemperatur aber trotzdem niedrig bleibt.

g) Temperaturerniedrigung durch Lösung von Salzen in Wasser

Das Sickerwasser löst beim Durchgang durch die Decke Kalk auf. Die dabei stattfindende Temperaturerniedrigung ist verschwindend.

h) Abkühlung des Wassers beim Durchgang durch die Poren des Gesteines

Einer diesbezüglichen Anschauung wäre nur zu entgegnen: Das Sickerwasser schlägt nicht den etwas mühevollen Weg durch die Gesteinsporen ein, sondern es folgt den klaffenden Spalten und Schichtfugen. Ich habe nie und nirgends — weder in Höhlen, noch an Felswänden — Wasser aus den Poren des Felsens austreten sehen, sondern immer nur aus Spalten und Löchern.

i) Verdampfung von Wasser und Eis und die dadurch bewirkte Temperaturerniedrigung

Während der Kälteperioden geht in der Höhle infolge des Luftwechsels die Verdampfung am lebhaftesten vor sich. Es verdunstet nicht nur Wasser, sondern auch Eis. Wenn das Stearin, das ich, um Anhaltspunkte über das Wachsen und Vergehen des Eises zu gewinnen, auf die Stalagmiten tropfte, fest auf Eisstielchen saß, die die allgemeine Eisoberfläche überragten, so war dies ein untrügliches Zeichen für die stattgefundene Verdampfung des Eises, die sich dann noch in anderer Weise, nemlich durch einen äußerst zarten, staubförmigen Beschlag der Oberfläche der innerlich ganz klaren Stalagmiten bemerkbar machte. Die Erklärungen für beide Erscheinungen sind folgende: Fällt kalte Luft in die Höhle, so wird sie durch das Stearin von dem darunterliegenden Eise abgehalten, daher das Eis zwar ringsum, aber nicht unter dem Tropfen verdunstet. — Der vom Sickerwasser gelöste Kalk ist im Stalagmiteneis fein vertheilt und darum unsichtbar. Verdunstet Eis, so findet an dessen Oberfläche eine Concentration des zurückbleibenden Kalkstaubes statt. — Am schmelzenden Eise habe ich nie weder Stiele noch staubigen Beschlag gesehen.

Die in den Kälteperioden durch Verdunstung erzeugte Kälte wirkt der Erwärmung des einfallenden Luftstromes entgegen. Was in den Wärmeperioden an Verdunstungskälte erzeugt wird, ist, wie schon auseinandergesetzt worden ist, nicht anzuschlagen.

k) Boden- und Erdwärme

In der Erdkruste machen sich bis zu einer gewissen Tiefe tägliche, bis zu noch größeren Tiefen jährliche Temperaturschwankungen fühlbar. Soweit dies geschieht, nimmt je nach der Tages-, beziehungsweise Jahreszeit, die Temperatur von oben nach unten zu oder ab. Die untere Grenze der jährlichen Temperaturschwankungen wird durch die sogenannte neutrale Schichte gebildet, das heißt eine Fläche, die ihre Temperatur nicht ändert. Unterhalb der neutralen Schichte ist die Temperatur der Erdkruste jeorts constant,[1]) doch nimmt sie mit der Tiefe zu. Die Strecke, die man unterhalb der neutralen Schichte in die Tiefe gehen muß, um eine Temperaturerhöhung von 1^0 warzunehmen, heißt «geothermische Tiefenstufe» und beträgt, soviel durch unmittelbare Beobachtung festgestellt worden ist, im Mittel 33 *m.*[2]) Die im Boden über der neutralen Schichte angesammelte Wärme heißt «Bodenwärme». Nach H a n n [3]) ist die Temperatur der neutralen Schichte um einen ziemlich constanten Betrag (1^0 circa) höher als die mittlere Lufttemperatur an der Oberfläche. Ferner hängt nach demselben Autor «die Tiefe, in welcher die jährliche Variation der Temperatur unmerklich wird, erstlich von der Größe der jährlichen Wärmeschwankung an der Bodenoberfläche und zweitens von der Wärmeleitungsfähigkeit des Bodens ab. Mittlere Verhältnisse vorausgesetzt, kann man für die gemäßigte Zone der nördlichen Hemisphäre annehmen, dass in einer Tiefe von 15 *m* die jährliche Variation schon bis auf $0{\cdot}_1{}^0$ C. vermindert ist».

Nehmen wir an, die neutrale Schichte liege im Rücken der D ü r r e n W a n d in 20 *m* Tiefe, senkrecht gemessen zu den Böschungen des Berges; machen wir ferner die der Wahrheit jedenfalls nahekommende Annahme, die mittlere Jahrestemperatur im F r e i e n vor dem T a b l e r l o c h betrage 6^0: so herrscht 20 *m* unter der Oberfläche eine Temperatur von etwa 7^0, circa 30 *m* tiefer eine solche von 8^0 u. s. w. Die Fig. 1, Tafel V, zeigt, welche Temperaturvertheilung im Gestein obwaltete, wenn die Höhle, deren Umrisse angedeutet sind, nicht bestünde. Wir sehen: wo gegenwärtig die Halle ist, würde auch ohne Höhle während des Sommers eine Temperatur von nur $7—8^0$ vorhanden sein, es wäre also an diesem Orte auch ohne Höhle im Sommer um mehrere Grade kälter als im Freien. Der Verlauf der neutralen Schichte *m n* gibt uns auch an, bis zu welcher ungefähren

---

[1]) Strenge genommen besitzt weder die neutrale Schichte, noch irgend ein Punkt der Erde unter ihr wirklich eine constante Temperatur. Die neutrale Schichte ändert nothwendigerweise ihre Lage und ihre Temperatur infolge der periodischen Klimaschwankungen und der allgemeinen Ausstrahlung von Erdwärme in den Weltraum. Es wird z. B. niemand behaupten, in Norddeutschland sei während der Eiszeiten die neutrale Zone so wie heute verlaufen. Wie langsam aber diese Aenderungen vor sich gehen, erhellt daraus, dass man sie bisher durch Messung nicht festzustellen vermocht hat. Nur in diesem Sinne ist oben das Wort «constant» gebraucht.

[2]) H. C r e d n e r: «Elemente der Geologie», 8. Aufl., Leipzig 1897, S. 10.

[3]) G. N e u m a y e r: «Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen», 2. Aufl., Berlin 1888, S. 338.

Tiefe gegenwärtig im Sommer durch den Fels beim Eingang von außen Wärme in die Höhle geleitet wird. Das beim Eingang befindliche Drittel der Höhle empfängt auf diese Art Wärme. Diese Wärmezufuhr nimmt vom Eingang einwärts rasch ab und wird an der neutralen Schichte $m\,n$ = Null. Die unteren zwei Drittel unterliegen nicht mehr diesem Einflusse.

Durch die Höhle erleidet die Bergoberfläche und mit dieser die neutrale Schichte eine Einstülpung. In der Höhle ist der Gang der Temperatur anders als im Freien, daher ist die Frage nach der Entfernung der neutralen Schichte von der Höhlenumrahmung begründet. Sowohl in der Höhle als im Freien haben wir Temperaturschwankungen von kurzer und von langer Dauer — tägliche und jährliche Schwankungen — zu unterscheiden. Während die täglichen Schwankungen im Freien wirklich Tag für Tag erfolgen, treten sie in der Höhle nur zur Zeit der Kälteperioden auf. Da aber die täglichen Schwankungen keinen directen Einfluss au die tiefliegende, neutrale Schichte nehmen, so können wir sie hier außer Betracht lassen.

Die jährlichen Schwankungen gehen im Freien und in der Höhle gleichzeitig und in demselben Sinne vor sich. Sie unterscheiden sich nur durch die Größe der Amplituden. In der Höhle nimmt die Amplitude vom Eingang abwärts ununterbrochen ab. Aus meinen Beobachtungen ergibt sich:

Punkt	Höchste abgelesene Temperatur	Niederste Temperatur	Amplitude
III	+ 17·1	— 6·2	23·3
I	+ 8·6	— 4·1	12·7
o	+ 4·9	— 4·3	9·2
n	+ 3·2	— 3·3	6·5
p	+ 2·0	— 3·0	5·0
m	+ 1·7	— 2·7	4·4
k	+ 1·5	— 3·4	4·9
g	+ 1·1	— 4·4	5·5

Die Zahlen der letzten Spalte bestätigen das vorstehend Gesagte nicht vollständig, was daher kommt, dass die Zahlen der beiden vorangehenden Spalten nicht die Maxima und Minima der Temperaturen, sondern nur die höchsten und niedersten zufällig angetroffenen Temperaturstände angeben, die den Extremen nur nahe kommen. Im Freien wird die Temperatur nicht viel über den beobachteten höchsten Stand von + 17·1° steigen, hingegen dürfte sie fast jeden Winter auf — 10° und darunter fallen. Wir können sonach, ohne uns einer Uebertreibung schuldig zu machen, die jährliche Amplitude im Freien auf 30° veranschlagen. Bei *g* mag die Temperatur im äußersten Falle noch auf + 1·3° steigen. Ihr Minimum dürfte sie, besonders strenge Winter ausgenommen, mit etwa — 8° erreichen. Die Amplitude bei *g* beträgt folglich gegen 10°, also ungefähr nur das Drittel von jener im Freien. Aus diesem Umstande folgt nun, dass die neutrale Schichte an die Umrandung der Höhle viel näher herantritt als an die Bergoberfläche. In der Fig. 2, Taf. V, ist dementsprechend der ungefähre Verlauf der neutralen Schichte eingezeichnet. Im Deckengestein fehlt die neutrale Schichte, weil diese Felspartie an drei Seiten — an den beiden Berghängen und an der Unterseite der Decke — Temperaturveränderungen durch Wärmeleitung von der Felsoberfläche aus-

gesetzt ist, die so tief in den Fels greifen, dass sie nur einen kleinen Kern unberührt lassen, der aber durch das Sickerwasser wechselnde Temperatur erhält.

An der Einbuchtung *a b c* hat die neutrale Schichte nicht überall dieselbe Temperatur, da die mittlere Jahrestemperatur der Luftschichte über ihr verschieden ist. Angenäherte Werthe für die mittlere Jahrestemperatur der Thermometerstandorte in der Höhle habe ich erhalten, indem ich vorerst in die Lücke vom 8. Juli bis 1. September 1894 zwei durch Interpolation ermittelte Werthe einschob und dann aus diesen und den in der Zeit vom 1. November 1893 bis exclusive 1. November 1894 abgelesenen 20 Temperaturen das arithmetische Mittel zog. Wegen des gleichmäßigen Verlaufes der Höhlentemperatur im Sommer konnten die interpolierten Werthe mit großer Zuverlässigkeit berechnet werden. Auch die im folgenden zusammengestellten Jahresmittel besitzen, trotzdem sie aus nur 20, beziehungsweise 22 Temperaturen gerechnet wurden, Anspruch auf ziemliche Genauigkeit, weil die Temperaturschwankungen in der Höhle klein sind.

Die Jahresmittel der Thermometerstandorte für die Zeit vom 1. November 1893 bis 1. November 1894 sind:

Punkt:	*o*	*n*	*p*	*m*	*k*	*g*
Jahresmittel:	+ 3·11	+ 1·20	+ 0·64	+ 0·05	+ 0·03	— 0·20	— 0·50

Vom Trichterrand bis *g* nimmt also die mittlere Jahrestemperatur von $+6^0$ is auf $-0{\cdot}5^0$ ab. Die Temperatur der neutralen Schichte unter *g* ist daher etwa $+0{\cdot}5^0$ und steigt von dort nach allen Seiten bis zu der neutralen Schichte unter der freien Bergoberfläche auf 7^0 an. Eine ganz analoge Zunahme der Temperatur der neutralen Schichte, nur auf einen viel ausgedehnteren Raum verbreitet, findet sich auf dem Wege von jedem der beiden Erdpole zum Aequator.

Mit der neutralen Schichte erfahren auch die unter ihr liegenden Geoisothermen Einbuchtungen, und zwar stärkere als die neutrale Schichte selber, weil infolge der niederen mittleren Jahrestemperatur der Höhle Isothermen von weniger als 7^0 unter die neutrale Schichte tauchen. Die von der Höhle ausgehende Abkühlung des Gesteines schwächt sich mit der Entfernung von der Höhlensohle ab und wird bei der Isotherme von t^0 [1]) nicht mehr fühlbar sein. Die Isotherme t und die darunterliegenden verlaufen genau so, als würde die Höhle nicht existieren. Von *b* nach *d* nimmt die Temperatur um $(t - 0{\cdot}5^0)$, auf der etwas längeren Strecke *e f* aber nur um $(t - 7^0)$ zu, woraus folgt, dass die geothermische Tiefenstufe unter der Höhle kleiner ist, als in einigem Abstand seitwärts davon. Sie ist am kleinsten in nächster Nähe der neutralen Schichte und nimmt von da nach abwärts zu, um bei der Isotherme von t^0 die normale Größe zu erreichen. Aus dem Wachsthum der geothermischen Tiefenstufe nach unten folgt, dass auch unter der Einbuchtung der neutralen Schichte in Wirklichkeit keine constanten Temperaturen herrschen, sondern dass das Gestein in fortschreitender Abkühlung begriffen ist. Unmittelbar nach dem Entstehen der Eishöhle schritt die Abkühlung im Gesteine, von der Umgrenzung der Höhle ausgehend, rasch vorwärts; ein je größeres Gebiet sie aber erobert hatte, umso langsamer drang sie in entferntere Gebiete, und umso langsamer sank die Temperatur in dem älteren Abkühlungsgebiete. Wir dürfen dem Tablerloch ein so hohes Alter zuschreiben, dass wir annehmen können, dass die Abkühlung

[1]) In der Figur wurde nur des Beispieles wegen t^0 mit 11^0 identificiert.

des Gesteines gegenwärtig unter der Einbuchtung $a\,b\,c$ der neutralen Schichte nicht mehr in merklicher Weise vorwärts schreite, weswegen es uns auch erlaubt ist, in diesem Gebiete von constanter Temperatur zu sprechen.

Die ganze Gesteinsmasse über der neutralen Schichte ist jährlichen Temperaturschwankungen ausgesetzt. Von einem Theile dieser Masse — von der Decke — haben wir gehört, dass durch sie von außen her jene Wärme in die Höhle gelangt, die das Sickerwasser mit sich führt; von einem anderen Theile — von dem Fels beim Eingange — hörten wir, dass er in der warmen Jahreszeit Wärme von der Bergoberfläche etwa 20 *m* tief in die Höhle leitet. Für die weitere Betrachtung verbleibt sonach nur mehr die Partie zwischen der Höhle und der neutralen Schichte. Den Einfluss der in diesem Gestein vorhandenen Wärme, also den Einfluss der Bodenwärme auf die Temperatur der Höhle, wollen wir nun kennen lernen. Der Einfachheit wegen lassen wir vorläufig alle anderen Wärmequellen außer Betracht.

In der Fig. 17, Taf. III, stellt A einen Punkt der Sohlenoberfläche, B den darunterliegenden, ihm entsprechenden Punkt der neutralen Schichte vor; a, b, c . . . . sind zwischenliegende Felspunkte. Errichten wir in allen diesen Punkten Normale auf $A\,B$, tragen auf ihnen die durch Strecken $A\,A_I$, $a\,a_I$, ... versinnlichten Temperaturen der einzelnen Punkte ab, die sie in einem gegebenen Moment einer Kälteperiode besitzen, und verbinden die Abtragungspunkte durch eine continuierliche Linie $A_I\,a_I\,b_I$ . . . . n_I . . . . B_I, so ist diese die Temperaturgefällscurve in der variablen Schichte für den gegebenen Moment. Die trigonometrische Tangente des Winkels α, den die durch einen beliebigen Punkt a_I an die Curve gezogene Berührende mit $A\,B$ einschließt, nennen wir das Temperaturgefälle im Punkt a. Je größer α ist, umsomehr Wärme geht in der Zeiteinheit durch a hindurch. Das Gefälle in A ist umso größer, je kälter die Luft gegenüber der Sohlenoberfläche ist; bei Temperaturgleichheit wird es Null.

Während der Kälteperioden wird das Sohlengestein abgekühlt, das heißt jeder in die Abkühlung bereits einbezogene Felspunkt gibt an seinen oberen Nachbar mehr Wärme ab, als er von seinem unter ihm liegenden Nachbar empfängt. Das Temperaturgefälle nimmt folglich nach oben, das ist gegen A_I, zu: folglich wendet die Curve ihre concave Seite gegen die Gerade $A\,B$.

Je länger die Kälteperiode anhält, umso tiefer unter der Sohlenoberfläche liegende Punkte werden in die Abkühlung einbezogen, und umsomehr sinkt die Temperatur der einzelnen Punkte. Die Temperaturgefällscurve wandert nach $A_2\,a_2$ . . . . o_2 . . . . B_I.

Ist die Kälteperiode zu Ende, das heißt fällt nicht mehr kalte Luft von außen in die Höhle, so entsteht der schon auf Seite 39 [25] geschilderte geschlossene Luftstrom, der der tiefer liegenden Sohle — wie früher der kalte Luftstrom in der Kälteperiode — Wärme entzieht. Die erwärmte Luft steigt auf, kommt mit der hochliegenden, kälteren Sohle in Berührung und erwärmt diese, das heißt ein dem Strome der Bodenwärme entgegengesetzt gerichteter schwacher Wärmestrom dringt aus der Luft in das Gestein. An der Begegnungsstelle summieren sich die beiden Ströme in ihren Wirkungen und erhöhen die Temperatur der hochliegenden Sohle, während die Temperatur unten am Grunde der Höhle noch immer im Sinken begriffen ist. Darum tritt bald jener Augenblick ein, wo die Temperatur der Sohlenoberfläche

und der Luft überall in der Höhle dieselbe ist, und der geschlossene Luftstrom seine Thätigkeit einstellt.

Die Stelle, wo sich die beiden Wärmeströme begegnen, rückt der Sohlenoberfläche desto näher, je schwächer der in die Sohle dringende Strom wird, und in demselben Momente, wo alle Punkte der Sohlenoberfläche gleiche Temperatur erlangen, reicht der Strom der Bodenwärme überall bis an die Sohlenoberfläche heran. Weil aber dann auch die Luft mit der Sohlenoberfläche gleiche Temperatur hat, tritt nicht sofort Wärme über, sondern diese wird vorerst in der obersten Sohlenschichte gestaut, wodurch das zum Uebertritt nöthige Gefälle geschaffen wird. Die erwärmte Luft verbleibt in der bestehenden Wärmeperiode in der Höhle, das Gefälle von der Sohle in die Luft geht darum wieder verloren, was abermalige Stauung des Bodenwärmestromes und Temperaturerhöhung der Sohle zur Folge hat u. s. w. Die Stauung der Wärme in der Sohle und die Erwärmung der Höhlenluft gehen natürlicherweise nicht so abwechselnd wie in der Schilderung, sondern continuierlich vor sich.

Die Höhlenluft und die obere Lage des Sohlengesteines wird auf Kosten der Temperatur jener Gesteinslagen erwärmt, die der neutralen Schichte näher liegen. Während sich also das Sohlengestein nahe seiner Oberfläche bereits wieder erwärmt, kühlt es in der Tiefe noch weiter ab. Die Temperaturgefällscurve $A_3\, a_3\, w_3 \ldots p_3$ macht dies anschaulich. Diese Curve ist in ihrem oberen Ende gegen $A\,B$ convex, und ihr Wendepunkt w_3 entspricht dem Punkte w, bis wohin die Bodentemperatur durch Rückstau von der Sohlenoberfläche bereits im Steigen begriffen ist. Diese Erwärmung der Sohle hat das Eigenthümliche, dass sie, obwohl die Wärme von unten kommt, ganz oben an der Sohlenoberfläche beginnt und von da abwärts dem Wärmestrom entgegenschreitet. Ein Analogon finden wir in der Stauung eines Flusses, der in einen See mündet, dessen Abfluss gesperrt wurde. Der steigende Seespiegel staut das Wasser im Flusse von der Mündung aufwärts, der Strömung entgegen.

Je höher die Temperatur der Sohlenoberfläche bereits gestiegen ist, umso flacher ist das Gefälle des Bodenwärmestromes geworden (man sehe die Curve $A_4\, a_4\, W_4\, q_4\, B_1$), umso langsameres Tempo schlägt die Erwärmung ein. Hat die Sohlenoberfläche ihre mittlere Jahrestemperatur erreicht, so ist sie nur mehr um 1^0 kälter als die darunterliegende, neutrale Schichte, und der Bodenwärmestrom ist wegen des kleinen Gefälles so schwach, dass er kaum mehr einen merklichen Einfluss auf die Temperatur der Höhle ausübt.

Wegen der verschiedenen Temperaturen der neutralen Schichte erhält die Sohlenoberfläche durch die Bodenwärme an verschiedenen Punkten verschiedene Temperaturen. Am wärmsten wird die Sohle in der Nähe des Einganges, am kältesten bleibt sie am Grunde der Höhle. Diese Temperaturvertheilung wird auf die Luft übertragen, in der sie sich erhält, da den höchsten Luftschichten von vorneherein die meiste Wärme zugeführt wird.

Die Bodenwärme **allein** ist also im Stande, die Höhlentemperatur während der Wärmeperioden an den einzelnen Punkten ungefähr auf das Jahresmittel zu erhöhen. Unmittelbar zu Beginn einer jeden Wärmeperiode hat der Strom der Bodenwärme das größte Gefälle, daher er **zu dieser Zeit der Höhle am raschesten Wärme zuführt.**

Unmerkliche Wärmemengen gibt der Boden an die Höhlenluft etwa noch ab, bis diese eine das Jahresmittel um 1^0 übersteigende Temperatur erhalten hat. Wird aber dann aus irgend welchen Gründen die Höhlenluft noch weiter erwärmt, so entzieht das Sohlengestein der Luft einen Theil ihrer Wärme.

Im vorstehenden haben wir die Factoren, die die Höhlentemperatur während der Wärmeperioden beeinflussen, im Einzelnen kennen lernen. Jetzt wollen wir sehen, zu welcher Gesammtwirkung sie sich vereinigen.

Sobald die Temperatur im Freien über jene der Höhle gestiegen ist, erhält die eingesackte Luft die bedeutendste Wärmemenge aus dem Boden der Höhle. Dazu kommt noch die Wärme, die das Tropfwasser in die Höhle bringt und die beim Gefrieren des Wassers frei wird. Der Erwärmung der Luft wirkt in kaum merklichem Maße nur die Verdunstung von Eis und Wasser entgegen.

Je mehr sich die Höhlentemperatur dem Jahresmittel nähert, umsoweniger Bodenwärme tritt in die Luft über, und nach Erreichung der mittleren Jahrestemperatur gibt die Sohle nicht nur keine Wärme mehr ab, sondern entzieht solche sogar der Luft in der Höhle.

Wird in der Höhle die Nulltemperatur überschritten, dann gefriert das Tropfwasser nicht mehr, es wird auf diese Weise keine Wärme mehr frei. Im Gegentheil, zum Schmelzen des Eises wird Wärme verbraucht.

Da fast in der ganzen Höhle die mittlere Jahrestemperatur 0^0 nahe liegt, so folgt daraus, dass zwei Wärmequellen nahezu gleichzeitig aufhören, Wärme zu spenden, während von den ursprünglichen Wärmequellen das Tropfwasser als einzig noch thätige übrig bleibt. Zu Beginn der Wärmeperioden spenden die Sohle und das gefrierende Wasser der Luft Wärme, während später die Sohle der Luft Wärme entzieht, und solche auch zum Schmelzen des Eises verbraucht wird.

Hiedurch wird es nun klar, warum die Erwärmung der Höhle ungefähr bis 0^0 rasch von statten geht, von da an aber fast plötzlich ein sehr langsames Tempo einschlägt, wie es die Jahresdiagramme, Taf. III, Fig. 2—8, am Anfange der sommerlichen Wärmeperiode des Jahres 1894 zeigen. An den tiefsten Punkten der Höhle, z. B. bei *g*, wo die mittlere Jahrestemperatur unter Null liegt, zeigt sich der schleppende Gang bei der Erwärmung bereits etwas vor Erreichung der Nulltemperatur.

Finden wir die langsame Temperaturzunahme während des Sommers allein schon wegen der geringen Tropfwassermengen begreiflich, so ist dies umso mehr der Fall, als wir wissen, dass nicht die ganze Tropfwasserwärme der Höhlenluft zugute kommt, sondern dass ihr größter Theil in die Sohle dringt und gegen die neutrale Schichte geleitet wird, um im Vereine mit dem entgegenfließenden **Erdwärmestrom** jene Wärme zu ersetzen, die das Gestein während des Winters in den Kälteperioden an die durchziehende kalte Luft verloren hatte.

Im Tablerloch ist während des Sommers weder die eingesackte Luft, noch das bischen Eis, sondern das Sohlengestein das vornehmste Kältemagazin.

Die Temperatur des hochliegenden Theiles der Höhle beim Eingange wird außer durch das Tropfwasser durch jene Wärme erhöht, die Regenbächlein aus dem Trichter mit sich führen, und die von der Bergoberfläche durch den Fels in das Innere der Höhle geleitet wird. Auch die Erwärmung durch Luftdruckschwankungen und Winde kommt vorzugsweise dem Höhlentheil beim Eingange zugute. Aus diesen Gründen, und da die wärmste Luft immer die höchsten Stellen aufsucht, folgt, dass die Temperaturerhöhung in der Höhle von unten gegen den Eingang bedeutender wird. Aber auch hier bleibt die Temperatur weit hinter der Sommertemperatur im Freien zurück, weil die Sonnenstrahlung und die ungehinderte Zufuhr warmer Luftströmungen mangeln.

Da der Schnee im Trichter jedes Jahr, und das Eis in der Höhle in manchen Jahren, gänzlich schwindet, ohne dass sich dies in dem Gange der Temperatur in auffälliger Weise bemerkbar macht, so folgt: zur Erhaltung der niederen Sommertemperatur ist weder der Schnee noch das Eis unerlässlich. Unerlässlich hingegen ist **die Sackform,** das heißt eine solche Form der Höhle, die das Einfallen der kalten Winterluft und somit die Abkühlung des Höhlengesteines — vornehmlich der Sohle — gestattet, das Eindringen der warmen Sommerluft aber verhindert.

10. Eis und Reif

Eis entsteht, wenn sich Wasser in einem unter 0° abgekühlten Raume befindet. Im Tablerloche ist

in der Zeit vom 3. Juni bis 15. November 1894,
» » » » 15. » » 22. September 1895 und
» » » » 31. Mai » 26. » 1896

an keinem einzigen Punkte eine Temperatur unter Null beobachtet worden, so dass Sommereisbildungen ausgeschlossen erscheinen; ich habe solche in der That auch nie beobachten können. Wohl wächst bis in das Frühjahr hinein Eis zu, weil eben zu dieser Zeit die Temperatur in der Höhle noch immer unter dem Gefrierpunkte steht, wenn es auch im Freien schon warm geworden ist. Ursache dieser Eisbildung ist die in der Höhlensohle aufgespeicherte Winterkälte, die die Luft an den tiefsten Stellen der Höhle trotz der Wärmezufuhr durch das Tropfwasser mitunter bis in den Juni hinein auf einer Temperatur unter Null erhält. — Im Winter, und zwar gerade in strenger Winterszeit, geht die Eisbildung langsam vor sich und setzt zeitweise ganz aus, weil bei großer, länger anhaltender Kälte kein Tropfwasser durch die Decke dringt.

Die Eisbildung im Winter wird durch reichliche Niederschläge und raschen Wechsel zwischen Thau und Frostwetter begünstigt, da sich dann der einfallende, kalte Luftstrom und das Tropfwasser in der Höhle häufig begegnen. So kann in einem milden Winter mehr Eis als in einem strengen entstehen. Nach einem strengen Winter kann aber die Eisbildung im Frühjahr reichlich nachgeholt werden, da dann mehr Winterkälte im Höhlengesteine aufgespeichert ist.

Der Thauprocess beginnt in der Höhle nicht überall gleichzeitig, sondern, der Temperaturvertheilung entsprechend, in den hohen Lagen früher. Darum fallen Eiszapfen und Krusten von der Decke, lange bevor die darunter am Boden stehenden Stalagmiten die ersten Spuren des Schmelzens verrathen. Ferner schmelzen die dem

Eingang näheren, weil in größerer Höhe befindlichen Stalagmiten eher, als die unten in der Halle. Eine Ausnahme macht das Eis im Horn, das früher, als das höherliegende Eis im Graben, zu thauen anfängt. Der Grund davon liegt in dem besonderen Verlaufe den Höhlensohle. Will man nemlich aus dem Graben in das Horn gelangen, so muß man einen breiten Trümmerwall (siehe Taf. IV, Fig. 1) übersteigen, der in den Kälteperioden den einfallenden kalten Luftstrom eine Weile staut und in vielen Fällen ganz vom Horne fernhält. Der Fels des Hornes erfährt folglich im Winter eine geringere Abkühlung als die Grabensohle. Im Sommer bildet das Horn einen vom Graben gesonderten Raum, da der Wall verhindert, dass die kalte Luft aus dem Graben in das Horn fließt. Weil ferner in das Horn eine mit Rücksicht auf den kleinen Raum als reichlich zu bezeichnende Tropfwassermenge gelangt, so schreitet in diesem Raume die Erwärmung rasch vorwärts, und die Schmelztemperatur wird darin früher erreicht als oben im Graben. Man vergleiche die Temperatur von *r* im Horne mit denen von *g*, Taf. I, Tab. A.

Die Abschmelzung des Eises erfolgt im Sommer und Herbst. Ein heißer Sommer ist, insoferne er auch trocken ist, der Erhaltung des Eises und einer niedrigen Höhlentemperatur günstig, während in einem kühlen und regenreichen Sommer viel Tropfwasser in die Höhle kommt, dessen Wärme das Eis aufzehrt und die Temperatur der Höhle erhöht. Die Eismenge in der Höhle ist somit von dem Verlaufe der Witterung im Freien abhängig. In den Jahren 1894 und 1896 wurde die Höhle eisfrei, während sie in den Jahren 1893 und 1895 ohne Unterbrechung Eis enthielt. Zweifellos machen sich Klimaschwankungen im Freien auch in den Eishöhlen dadurch bemerkbar, dass die Menge des Eisinhaltes schwankt.

Außer den compacten Eismassen in Form von Zapfen und Krusten entsteht im Tablerloche auch Reif, der entweder als Rauhreif die Mündungen von im Boden befindlichen kleinen Canälen zwischen den Blöcken auskleidet, oder ganz allgemein die Felsflächen in Gestalt kleiner, im Magnesiumlicht lebhaft funkelnder Krystalle überzieht. Reif ist aus der Luft in fester Form niedergeschlagener Wasserdampf. Damit er sich an feste Gegenstände ansetzen kann, müssen diese eine Temperatur unter Null haben und kälter sein als die Luft, woraus der Dampf ausgeschieden werden soll; endlich muß die Luft umso näher der Sättigung mit Dämpfen sein, je geringer der Temperaturunterschied zwischen der Luft und den festen Körpern ist.

In den Kälteperioden besitzt die Luft in der Höhle eine niedrigere Temperatur als der Fels, wodurch eine Reifbildung zu dieser Zeit im allgemeinen ausgeschlossen ist. Dennoch glaube ich, dass gerade zu dieser Zeit der Rauhreif in den Canalmündungen entstehe. — Der einfallende Luftstrom kühlt die Sohle ab, ein Theil der kalten Luft versinkt in den Canälen des Bodens, die gewissermaßen selbst wieder kleine Eishöhlen oder Windröhren darstellen, und verdrängt daraus die bisher eingesackte, wärmere und feuchte Luft der vorangegangenen Wärmeperiode. Die aus den Canälen austretende Luft ist feucht und wärmer, als das Gestein an den Canalmündungen, weshalb sich dort der Reif ansetzt.

Die allgemeine Bedeckung der Höhlenwände und der Decke mit Reif entsteht in der Wärmeperiode. Durch das Tropfwasser wird die Temperatur der Höhlenluft um geringes über jene des Felsens erhöht, was zur Reifbildung genügt, sobald die Höhlenluft mit Dampf gesättigt ist.

Glitzernde Eiskrystalle habe ich an der Decke der Halle immer erst zu einer Zeit gesehen, wo die Luft bis zu dieser Höhe wenigstens nahezu mit Dampf gesättigt war; so am 2. Mai 1895 und am 12. April 1896. In den Löchern des Bodens ist mir aber Rauhreif schon am 22. December 1894 und am 5. Jänner 1896 aufgefallen. Speciell an dem letztgenannten Tage habe ich auch nach Reif an der Decke gesucht, aber keinen gefunden. Der Rauhreif in den Löchern und der Reif an den Felsflächen sind also wirklich keine gleichzeitigen Bildungen.

Zum Schlusse möchte ich der von Kraus aufgeworfenen Frage näher treten, ob es möglich sei, künstliche Eishöhlen herzustellen.[1]) Auf Grund der Studien im Tablerloche beantworte ich diese Frage mit Ja.

Sprengt man an einem Orte, dessen Wintertemperatur längere Zeit unter Null verweilt, in dem Fels eine künstliche Höhle aus, deren Sohle vom Eingang einwärts fällt, und die nahe bis, oder noch besser unter die neutrale Schichte des Ortes reicht, so wird der geschaffene Hohlraum, wenn sein Eingang während des Winters geöffnet bleibt, eine kalte Höhle werden; und wenn das Gestein so weit durchlässig ist, dass im Winter und im Frühjahre Tropfwasser in die Höhle gelangt, so wird darin auch Eis entstehen.

Nach dem ersten Winter wird die Höhle im Laufe des Sommers und des Herbstes fast wieder die ursprüngliche Gesteinstemperatur annehmen, aber weil dem Gesteine Jahr für Jahr durch die kalte Winterluft etwas mehr Wärme entzogen wird, als ihm durch den Erdwärmestrom und durch das Tropfwasser, sowie durch Leitung von der Erdoberfläche zugeführt wird, entstehen alljährlich kleine Wärmeverluste, durch deren Summierung sich in mehreren Jahren eine merkliche, dauernde Abkühlung des Gesteines, folglich auch eine anhaltend niedere Sommertemperatur der eingeschlossenen Luft ergeben. Je niedriger das Maximum der Sommertemperatur der Höhle wird, umso kleiner wird der Betrag der winterlichen Abkühlung. Da aber die Wärmezufuhr Jahr für Jahr — im Durchschnitt genommen — dieselbe bleibt, muß endlich eine Art Gleichgewichtszustand eintreten, das heißt, es kommt eine Zeit, von der an die Höhle im Sommer ebensoviel Wärme empfängt, als sie im Winter verliert. Die Abkühlung der Höhle schreitet dann nicht mehr von Jahr zu Jahr fort.

Die künstliche Eishöhle wird als solche umso besser functionieren, je mehr sie gegen Besonnung geschützt ist. Von Wichtigkeit ist ferner die Größe des Einganges im Verhältnisse zu dem ganzen Hohlraum, da eine zu kleine Oeffnung der kalten Luft den Eintritt erschwert und eine genügend starke Abkühlung des Sohlengesteines verhindert. Eine in aufgeschüttetem Thalboden gegrabene Höhle dürfte freilich den gewünschten Erfolg nicht haben, weil unter der Höhle fließendes, oder gar in die Höhle dringendes Grundwasser zu viel Wärme herbeiführen würde.

---

[1]) Unsere üblichen Eiskeller sind nicht zu den künstlichen Eishöhlen zu rechnen, weil darin das Eis nicht entsteht, und ihre niedrige Temperatur erst durch das Einbringen von Eis bewirkt wird.

In der Literatur wird das Tablerloch bereits erwähnt in:

W. C. W. Blumenbach: «Neueste Landeskunde von Oesterreich unter der Enns», I. Bd., Güns 1834, S. 192. — J. Vogel: «Ueber die geognostische und hydrochemische Constitution der Wiener Bucht». Sachse's Allgemeine Deutsche Naturhistorische Zeitung, I. Dresden und Leipzig 1846, S. 224, Anmkg. — Berthold: «Wegweiser von Wiener-Neustadt und Umgebung», 1842, S. 72. — F. C. Weidmann: «Alpengegenden von Nieder-Oesterreich und Ober-Steiermark», 1851, S. 78. — K. Rolenetz: «Eine Tour auf die Dürre Wand mit dem Tapplerloch bei Waidmannsfelden in Nieder-Oesterreich». Jahrbuch des Oesterreichischen Touristen-Club, IV. 1872, Wien 1873, S. 69—71. — Ziegler: «Der Führer auf der Linie Leobersdorf-Gutenstein», Wien 1878, S. 14. — G. Schwalbe: «Uebersichtliche Zusammenstellung literarischer Notizen über Eishöhlen und Eislöcher nebst einigen Zusätzen». Mittheilungen der Section für Höhlenkunde des Oesterreichischen Touristen-Club, Wien 1887, Nr. 2 und 3, S. 30 (F. 18). — E. Fugger: «Eishöhlen und Windröhren», I. Thl., 24. Jahresbericht der K. K. Oberrealschule in Salzburg, 1891, S. 25. — H. Crammer: «Ueber das Tablerloch». Verhandlungen der 66. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte in Wien. 1894. Abtheilung für Physische Geographie, S. 251; Nachrichten der Section Austria des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereines, IV. Wien 1895, S. 17—18.

ANDERE HÖHLEN

Von den anderen Höhlen (kalten Höhlen, Eishöhlen und Windröhren), die ich besucht habe, gebe ich im folgenden kurze Beschreibungen und schildere den Zustand, in dem ich jede einzelne Höhle angetroffen habe. Ich werde ferner versuchen, die gefundenen Zustände im einzelnen zu erklären, um zum Schlusse meine allgemeine Anschauung über Eishöhlen und Windröhren auszusprechen.

1. Das Gipsloch auf der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt

Der Eingang in die Höhle befindet sich mitten im Jungwald, an dem nach Norden gerichteten Hange jenes Grabens, der das Plateau der Hohen Wand vom Wieser-Bauer gegen die Große Klause durchschneidet. Das Gipsloch, dessen Seehöhe etwa 800 *m* betragen mag, erinnert sowohl durch die Gestalt seines Hauptraumes, wie durch zwei blind endende Fortsetzungen an das Tablerloch, dessen Größe es aber lange nicht erreicht. Weil der Hang über der Höhle nicht steil ansteigt, hat die Decke nur eine geringe Mächtigkeit.

Am 10. Februar 1895 lag der Schnee im Freien knietief; der Vortrichter der Höhle war fast ganz mit Schnee erfüllt, so dass der Eingang nahezu verschlossen war. Auf der abschüssigen Höhlensohle standen einige Stalagmiten, deren Achsen wie im Tablerloch etwas gegen den Höhleneingang geneigt waren. Ich constatierte den einfallenden kalten Luftstrom.

Am 2. Juni 1895 war kein Schnee im Trichter, kein Eis in der Höhle. Luftzug regte sich nirgends in der Höhle. Um 9^h Vormittag fand ich folgende Temperaturen:

Im Freien, im Schatten vor der Höhle + 19·5°
unter dem Eingange . . . . . + 4·9°
am Grunde der Höhle . . . . . + 3·7°

Am 22. Juli 1895 um 10h Vormittag betrug die Temperatur
im Freien. . . . . + 17·9°
am Grunde der Höhle + 4·8°

Luftzug war auch diesmal nicht vorhanden.

Die immerhin niedrigen Sommertemperaturen des Gipsloches sind auf dieselben Gründe wie im Tablerloche zurückzuführen. Im Gipsloche steigt aber die Temperatur höher an, weil:

1. der ohnehin nicht weite Eingang im Winter durch Schnee noch mehr verengt wird, und daher der kalten Luft der Eintritt in die Höhle und die Abkühlung des Gesteines erschwert wird;

2. weil die dünne Höhlendecke im Sommer in ihrer ganzen Mächtigkeit durch die Sonne erwärmt wird und in die Höhle Wärme ausstrahlt, und

3. weil das Regenwasser die dünne, erwärmte Decke mit relativ hoher Temperatur passiert.

2. Das Windloch auf der Hohen Wand bei Wiener-Neustadt

Vom Gipsloch ist diese Höhle in einigen Minuten zu erreichen. Sie liegt 30—40 *m* tiefer als jene und mündet in der Sohle des früher erwähnten Grabens. Man steigt auf einer Leiter in einen verticalen, ziemlich weiten Schacht hinab und gelangt so in einen gegen Osten geneigten, kurzen Gang, dessen Sohle mit Schlamm und Astwerk bedeckt ist.

Wie weit eine nach Norden gerichtete Abzweigung führt, ist mir unbekannt, da ich sie nicht verfolgt habe. Weil ich bei meinem am 22. Juli 1895 abgestatteten Besuche keinen Luftzug verspürt habe, vermuthe ich, dass die Höhle keinen zweiten Ausgang besitze. Die Sage, der zufolge in das Windloch geworfene Enten in den Thermen von Fischau zum Vorschein kämen, widerspricht dieser Anschauung. Auch der Name «Windloch» lässt auf eine röhrenförmige Höhle mit zwei Ausgängen schließen, die sie ja gewiss einst besaß. Es hat aber, wie mir ein Bauer erzählte, und wie man zum Theil noch sieht, eine Verlegung der Höhle durch hineingeworfenes Astwerk und Einschwemmung von Erde stattgefunden, so dass die Höhle gegenwärtig die Form eines steilhängenden, unten geschlossenen Sackes hat.

Am 22. Juli 1895 war die Lufttemperatur um 9h 10m Vormittag im Freien + 16·7°, am Grunde des Schachtes + 4·1°.

Bei einem früheren Besuch, am 2. Juni 1895, lag am Schachtgrunde noch einiger Schnee.

Die höhere Sommertemperatur rührt daher, dass das warme Regenwasser, ohne vorerst eine Decke durchdringen und erwärmen zu müssen, direct bis auf die Sohle fällt.

3. Der Eiskeller auf der Rax [1])

Diese Eishöhle liegt in einem Trockenthale des Raxplateaus, das die obere Fortsetzung des Großen Höllenthales bildet, und zwar in einer Seehöhe, die Fugger

[1]) E. Fugger: «Eishöhlen und Windröhren», I. S. 25.

zu etwa 1660 *m* angibt. In ihrer Nähe haben sich ehemals die «Eishütten» befunden, Sennhütten, die ihren Namen dem Eise in der benachbarten Höhle verdankten.

Im schwach ansteigenden Felsboden befindet sich (siehe Taf. IV, Fig. 3 und 4) eine kleine, ungefähr 9 *m* tiefe Doline, deren Böschungen, mit Ausnahme der nördlichen, von kleinen Felswänden gebildet werden.[1]) Am Fuße der südlichen Felswand liegt der Höhleneingang. Am 19. September 1896 lag am Grunde der Doline viel Schnee vom vorigen Winter und bildete eine ebene Plattform. Unter dem Eingange senkte sich die Schneeoberfläche zu einem steilen Schneekegel, der sich gegen Westnordwest wendete und nahezu bis zu dem tiefsten Punkte der Höhle reichte. Der Schneekegel war in seinem oberen Theile sicher mehrere Meter mächtig und war unten von einer vereisten Randzone eingefasst. Außer dieser und einem 4 *dm* langen Stalaktiten, der sich in seiner Stellung nur mehr halten konnte, weil er mit der Sohle verwachsen war, fand ich kein Eis. Schnee und Eis waren im Thauen. Der auffallend große Schneekegel entsteht, weil im Winter viel Schnee in den Trichter geweht wird, aus dem er wegen seiner pulverigen Beschaffenheit durch den einfallenden, kalten Luftstrom leicht in die Höhle mitgerissen wird.

Zur Zeit des Besuches war kein Luftzug in der Höhle. Um 9^h Vormittag fand ich folgende Temperaturen:

I. Im Freien neben der Doline	$+16{\cdot}5^0$
II. In der Doline über der Plattform des Schnees . .	$+11{\cdot}0^0$
III. Am Rande des Schneekegels in halber Höhlentiefe	$+0{\cdot}4^0$
IV. Am Rande des Schneekegels beim tiefsten Punkt .	$+0{\cdot}4^0$

Die niedere Höhlentemperatur ist durch die Sackform und die reichliche Schneeanhäufung bedingt. Die nur wenige Meter mächtige Felsdecke leitet zwar von außen in die Höhle einige Wärme, die aber vom schmelzenden Schnee verbraucht wird. Dass in dieser Höhle die Temperatur vom Schnee sehr beeinflusst wird, geht daraus hervor, dass an den wesentlich verschieden hoch liegenden Punkten III und IV dieselbe Temperatur gefunden wurde; sie war überall dem Schmelzpunkte des Schnees nahe. Die hohe Temperatur in der Doline über dem Schnee rührte daher, dass der Nordhang des Trichters von der Sonne stark beschienen war.

4. Die Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm nächst Gams in Ober-Steiermark

Herr Franz Kraus war so freundlich, mich am 20. August 1895 zu dieser und zu der Beilsteinhöhle bei Gams zu führen. Am nächsten Tage besuchten wir gemeinschaftlich die Eishöhle im Brandstein am Hochschwab. Diese zweitägige, von schönem Wetter begünstigte Wanderung mit dem unermüdlichen, damals schon leidenden, nun leider verstorbenen Höhlenforscher wird mir stets in werthvoller Erinnerung bleiben.

Die Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm[2]) liegt südwestlich von der genannten Alm, von der sie in fünf Minuten zu erreichen ist. Sie ist eine absteigende Klufthöhle, die sich bald so verengt, dass sie ungangbar wird. Ihre nach

---

[1]) Die beigegebene Skizze habe ich am 19. September 1896 aufgenommen.
[2]) Fugger, I. S. 27.

Norden gerichtete Mündung bildet ein an der Basis 4 *m* breites und 5 *m* hohes Dreieck. Die Sohle fällt unter einem Winkel von 25° einwärts. Schon 13 *m* vom Eingang lag auf der Sohle einiges Eis. Etwas weiter rückwärts war der untere Theil der linksseitigen Wand mit einer dünnen Eiskruste überzogen. Unter dieser Höhle liegt eine zweite, die durch einen Schacht mit der ersten in Verbindung steht. Hinabgeworfene Steine fielen auf Eis. Luftzug wurde nur am Eingange der oberen Höhle bemerkt, wenn draußen Wind gieng. Temperaturen wurden um 10ʰ Vormittag wie folgt gemessen:

Vor der Höhle				+ 13·4°
In der oberen Höhle	8 *m*	vom Eingang,	60 *cm* über der Sohle	+ 2·1°
» » »	16 *m*	» »	50 *cm* » » »	+ 0·8°
» » »	23 *m*	» »	über dem Eis	+ 0·1°

Auch diese Höhle hatte vollkommene Sackform. Bemerkenswerth ist das Auftreten zweier, untereinander befindlichen, communicierenden, als Eishöhlen fungierenden Räume. Die gefundenen, niederen Temperaturen mögen theilweise eine Folge der letztverflossenen, sehr kalten Nächte gewesen sein.

5. Die Eishöhle am Beilstein bei Gams[1])

Fugger führt diese Höhle unter dem Namen «Eishöhle am Brandstein bei Gams» an. Da sie aber dem Beilsteingipfel näher liegt, als dem Brandstein, schließe ich mich der von Kraus gewählten Bezeichnung an.[2]) Zur Beilsteinhöhle kamen wir am 20. August 1895 um 12ʰ Mittag, als durch den östlichen von den beiden einander benachbarten Schächten, die den eigentlichen Höhlenraum mit der Erdoberfläche in Verbindung setzen, die Sonne direct auf das am Grunde dieses Schachtes liegende Eis schien. Auf Taf. IV, Fig. 5 und 6, sind der von Kraus im «Globus» veröffentlichte Plan und Verticalschnitt der Höhle wiedergegeben, denen leider ein Maßstab fehlt; doch sagt Kraus, dass die Gesammtlänge der Höhle 70 *m* nicht überschreite. Die beigegebenen Zeichnungen machen eine ausführlichere Beschreibung des Höhlenraumes überflüssig.

Nachdem wir durch den westlichen Schacht *k* eingestiegen waren, betraten wir den zusammenhängenden Eisboden, der die ganze Sohle des Hauptraumes bedeckte und einen sanften, aber deutlich erkennbaren Fall nach rückwärts besaß. Nur hinter dem im Plane von Kraus verzeichneten, aber von uns nicht mehr wahrgenommenen großen Eisschlunde fiel der Eisboden so steil ab, dass er ohne Steigeisen nicht zu betreten war. In der Nähe des Thermometerstandortes VI (siehe Plan), war in einem kleinen, fast wasserleeren Tropfbrunnen papierdünnes Eis, das aller Wahrscheinlichkeit nach erst in letzter Zeit entstanden war. Es lag also hier eine Sommereisbildung vor, die aber, wie aus mehreren Anzeichen zu schließen war, nur entstehen konnte, weil die Temperatur im Freien unter jene der Höhle, und zwar unter Null gesunken war. Zwei Tage vor dem Besuche der Beilsteinhöhle sah ich einige Gipfel des benachbarten Hochschwabplateaus frisch beschneit, und eine Reihe von Nächten war auch unten im Thal empfindlich kalt. Endlich sah ich am 23. August, also drei Tage nach dem Besuche dieser Höhle, auf dem Hochschwabplateau die Gras-

---

[1]) Fugger, I. S. 26. Meereshöhe 1 260 *m*.

[2]) Kraus, «Die Veränderungen in der Höhle am Beilstein», Globus 59. Bd. S. 344.

spitzen vom Reif verbrannt. Weil die Nächte nach dem Besuche der Beilsteinhöhle wieder warm waren, musste der Reifschaden schon vorher eingetreten sein. Es steht also so viel sicher, dass die Beilsteinhöhle kurze Zeit vor unserem Besuche mitten im Sommer eine Kälteperiode durchgemacht hat. Damit im Zusammenhang stehen die am 20. August 1895 um 2^h Nachmittag gefundenen niedrigen Temperaturen:

An der Einstiegstelle des Schachtes *k*, Punkt I + 15·0°
Im Felsspalt östlich vom Schacht *a*, » II + 0·5°
» III + 0·2°
» IV + 0·3°
» V + 0·1°
» VI — 0·1°

Die Thermometerstandplätze sind vorstehend nach ihrer Höhenlage geordnet; es ist daher leicht zu erkennen, dass auch in dieser Höhle während der Wärmeperioden die Temperatur mit größerer Tiefe abnimmt. Eine Ausnahme hievon machte nur Punkt IV, dessen höhere Temperatur davon hergerührt haben mag, dass an dieser Stelle reichlicher Tropfwasser gefallen war.

Unter dem östlichen Schachte lag der Rest eines verfirnten Schneekegels, den die Sonnenstrahlen trafen. An derselben Stelle, die im Sommer von der Sonne beschienen wird, findet also im Winter eine Anhäufung von Schnee statt, die bis in den Herbst hinein Stand zu halten vermag, da sie von warmer Luft gar nicht bestrichen wird, und vermöge der Steilheit des Schachtes die Sonnenstrahlen nur beim höchsten Sonnenstand — das ist im Sommer um die Mittagszeit — in die Höhle gelangen können. Die Bewölkung des Himmels schränkt übrigens die Zeit der Besonnung noch weiter ein.

Luftzug verspürte ich in der Höhle nirgends. Die Beilsteinhöhle ist trotz ihrer zwei Mündungen keine Windröhre, weil die Mündungen auf einer Seite der Höhle, nahe nebeneinander und in gleicher Höhe liegen. Sie ist zu den einfachen Sackhöhlen zu zählen.

6. Das Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab

Am 21. August 1895 führte uns eine Almerin aus der sogenannten Höll, einer sehr großen Doline, zum «Eisloch», dem in trockenen Jahren Eis entnommen wird, um Wasser für das Vieh zu gewinnen. Der nach Norden gerichtete Eingang liegt ungefähr 1 600 *m* über dem Meere. Er bildet ein weites Thor, vor dem ein Schuttwall liegt, dessen innere Böschung steil in die Höhle abfällt. Nach der Dammböschung gemessen, steigt man nur 17 *m* abwärts und erreicht dann einen 5 *m* breiten und 10 *m* langen Eisboden, dessen Oberfläche sich gegen den Ostrand sanft zu einem engen, mit Eis ausgekleideten Schlund neigt. Nur an seiner Ostseite, wo er an die Felswand anstößt, war der Schlund eisfrei. Hinabgeworfene Steine glitten nach dem Aufschlag über eine geneigte Eisfläche weiter. Den Abstieg in den Schlund, der gewiss recht belehrend gewesen wäre, mussten wir mangels entsprechender Ausrüstung unterlassen. Da nirgends Luftzug stattfand, scheint der Schlund in einen zweiten, sackförmigen Hohlraum zu führen.

Ueber dem Eisboden verliefen an der Höhlenwand mehrere parallele, horizontale Linien, die ich für natürliche Wasserstandsmarken halte, und deren höchste 130 *cm* von der Eisoberfläche abstand. Ich glaube, wenn bei einer Höhlentemperatur unter

Null Wasser in die Höhle kommt, so rieselt es über den Eisboden gegen den Schlund und verschwindet in diesem. Dabei gefriert das Wasser allmählich, wodurch der Eisboden verdickt, der Schlund verengt und schließlich ganz geschlossen wird. Von nun an kann in das untere Stockwerk der Höhle weder kalte Luft, noch Wasser dringen. — Kommt zur Zeit der Schneeschmelze im Frühjahr mehr Wasser in die obere Höhle, als vermöge der aufgespeicherten Winterkälte gefrieren kann, so sammelt es sich über dem Eisboden zu einem Tümpel, dessen Stauhöhe die erwähnten Wasserstandsmarken verrathen. Das Eis unter dem Wasser ist ursprünglich an den Fels fest angefroren. Das Wasser darüber erwärmt jedoch den damit in Berührung stehenden Fels über Null, und dieser leitet die Wärme nach abwärts, wodurch das Eis an der Berührungsstelle mit dem Fels schmilzt. Es entsteht ein schmales Klüftchen, durch das das angesammelte Wasser einen Weg zum Schlund und in das untere Stockwerk der Höhle findet, wodurch das Eis wieder trocken gelegt und sichtbar wird. Das Klüftchen am Eisrande wird durch das durchfließende Wasser zu einem Canal erweitert, dessen eisiger Wandtheil später noch mehr abschmilzt, wenn alles Wasser abgelaufen ist, und aus der unteren Höhle wärmere Luft aufsteigt, die daraus verdrängt wird, indem aus der oberen Höhle kalte Luft in die untere eindringt. Irre ich mich in der gegebenen Schilderung der Vorgänge nicht, so hat die untere Höhle die Eigenthümlichkeit, dass ihre winterliche Kälteperiode durch das Zufrieren des Schlundes frühzeitig beendet wird, dass aber für sie eine neue, wenn auch schwächere Kälteperiode bei Oeffnung des Schlundes beginnt, die so lange währt, bis eine Temperaturausgleichung zwischen bei den Höhlen bewirkt ist. Diese Ausgleichung musste bereits vor unserem Besuche stattgefunden haben, da wir nirgends Luftzug verspürten.

Temperaturen am 21. August 1895 um 1^h Nachmittag:

1. In der Höhle 1 *m* unter dem tiefsten Punkt der Dammkrone $+8{\cdot}6^0$
2. in 11 *m* Entfernung von der Dammkrone . . . . . $+0{\cdot}4^0$
3. am vorderen Rande des Eisbodens . . . . . $-0{\cdot}2^0$
4. ganz rückwärts in dem westlichen Theile der Höhle . . . $-0{\cdot}2^0$

Die Punkte 3 und 4 liegen nahezu in derselben Höhe.

Auch in dieser Höhle dürfte die Temperatur um dieselbe Zeit in anderen Jahren höher sein. Im Jahre 1895 war sie nur infolge der vorangegangenen kalten Witterung so niedrig. In dem untersten, rechten Winkel der Höhle fand ich einen kleinen Stalagmiten, der eine Bildung der letzten Tage gewesen sein musste, da es ausgeschlossen ist, dass sich ein so kleiner Zapfen vom Frühjahre her erhalten haben konnte, während im Schlunde viel größere Eismengen abgeschmolzen waren.

7. Die Eiskammer in der Frauenmauer[1]) und die Frauenmauer-Höhle

Aus dem Gsollgraben bei Eisenerz kann man in den entgegengesetzt verlaufenden Theil des oberen Jassinggrabens gelangen, ohne dass man die am Tage liegende Wasserscheide überschreitet, indem man durch die Frauenmauer-Höhle geht. Diese ist eine sehr geräumige Durchgangshöhle, deren Eingang nach Wolf[2]) auf der Gsollseite 1435 *m*, auf der Jassingseite aber 1560 *m*

[1]) Fugger, I. S. 27.

[2]) Heinrich Wolf: «Barometrische Höhenmessungen in Ungarn und Steiermark». Jahrbuch der K. K. Geologischen Reichs-Anstalt. IV. 1853, S. 532.

(Gedr. 26. IV. 1899)

hoch liegt, und deren Sohle auf 630 *m* Länge sonach um 125 *m* gegen die Mündung beim Jassinggraben ansteigt. Ich betrat die Höhle am 18. August 1895, vorzugsweise um einen Nebenraum von ihr, die «Eiskammer», kennen zu lernen. Die beigegebene Planskizze, Taf. V, Fig. 5, habe ich mit Schnur und Compass aufgenommen und danach den Verticalschnitt, Taf. V, Fig. 6, gezeichnet, worin die Höhen nach rohen Schätzungen eingetragen sind. Der Schnitt ist also eigentlich mehr eine schematische Darstellung.

Wie der Plan zeigt, endet die Durchgangshöhle gegen den Gsollgraben mit zwei großen, neben einander befindlichen Löchern *m* und *n*, die frei in der Felswand liegen. Man betritt die Höhle durch das höher liegende, hohe, unten enge, nach oben breiter werdende Loch *m*.

Die Sohle steigt zuerst 24 *m* weit sanft an, dann fällt sie bei *a* in einer Stufe von beiläufig 5 *m* plötzlich ab. Wieder ansteigend biegt dann die Haupthöhle nach rechts, während man, die ursprüngliche Richtung beibehaltend, über einen Schuttwall steigend, in die Eiskammer gelangt. Dieser Schuttwall riegelt die Eiskammer gegen die Haupthöhle ab. Seine Krone *b*, die höher als die Kante der Stufe bei *a*, aber noch niedriger als der Scheitel des Einganges *m* liegt, ist vom Eingange 71 *m* entfernt.

Die innere Wallböschung fällt gegen die eigentliche Kammer und zwar bis zum Eissee ab, dessen vorderer Rand 108 *m* vom Gsolleingange entfernt ist. Dieser Eissee ist eigentlich kein ‚See' im gewöhnlichen Sinne, sondern — wie im Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab — Eis, das am Boden unmittelbar aufliegt und an diesen angefroren ist. Seine Oberfläche hatte zumeist nur schwachen Fall. Nur gegen das vom Eingange 158 *m* entfernte Ende der Kammer senkte sich die Eisoberfläche stärker und tauchte dort unter eine Ansammlung stehenden Wassers, dessen Spiegel etwa 15 *m* lang war. Zu Zeiten ist jedoch so viel Wasser vorhanden, dass man die Kammer gar nicht betreten kann. Es finden also hier genau solche Wasserstauungen wie im Eisloch im Brandstein statt. Dass das Wasser wirklich in den Klüftchen zwischen Fels und Eis versiegt, konnte ich in der Eiskammer sehen. An einigen Stellen schossen von der Decke dünne, continuierliche Wasserstrahlen auf die ebene Eisfläche, wo sie flachschüsselige Tropfbrunnen von 1 *dm* Tiefe und 1 *m* Durchmesser erzeugten, die horizontalen Boden, aber steile Ränder hatten. Das Wasser stand darin 6 *cm* tief und floß durch im Eise scharf eingeschnittene, 3 *cm* breite Rinnen gegen den Eisrand, wo es zwischen Eis und Fels versiegte. Wo kein Tropfwasser von der Decke fiel, war das Eis trocken anzufühlen.

Auf der Dammkrone bei *b* stieß ich auf das erste Eis. Es waren Trümmer eines gestürzten Stalaktiten. Nahe der linken Höhlenwand — im Sinne des Einstieges — stand bei *f*, *g* und *h* je eine durch Tropfwasser arg zerstörte Eissäule; die stärkste hatte 75 *cm* Durchmesser und 1 *m* Höhe. Die Wand rechts am Beginn des Eissees glitzerte von kleinen Eiskrystallen. Ob auch sonst der Fels mit Eiskrystallen besetzt war, habe ich nicht aufgezeichnet. Am 18. August 1895 um 11 ^{h} Vormittag fand ich folgende Temperaturen:

Punkt 1	in der Höhle nahe beim Eingang *m*	+ 5·9 ^{0}
» 2	etwas hinter der Wallkrone . . .	+ 1·0 ^{0}
» 3	etwas weniger vor dem See . . .	— 0·1 ^{0}

Punkt 4 über dem vorderen Theil des Eissees — 0·1°
» 5 ungefähr in der Mitte des Sees . . — 0·1°
» 6 vor dem Wasser . . . . . — 0·1°

Im Freien vor der Höhle stellte ich kein Thermometer auf, da ich keinen schattigen Platz ausfindig machen konnte.

Luftzug spürte ich in der Durchgangshöhle, die ich nach beendeter Arbeit in der Eiskammer ihrer ganzen Länge nach begieng, allenthalben. Die Luft drang beim höher gelegenen Eingang auf der Seite des Jassinggrabens ein und fiel auf der Gsollseite heraus. Wo sich die Höhle verengte, wurde der Luftzug stärker.

Stark zog die Luft aber auch aus dem zur eigentlichen Eiskammer führenden Gang *a b* in die Haupthöhle, wo ein Theil der Luft in jenes Loch, das sich unter der Stufe *a* befindet, so rasch hineinzog, dass die hingehaltene Kerzenflamme fast verlöschte. In der Eiskammer selbst war gleich unmittelbar hinter der Wallkrone nicht die geringste Luftbewegung verspürbar.

In der Frauenmauer liegen die Verhältnisse nicht so klar, wie in den früher besprochenen Höhlen; doch erlangen wir Klarheit, wenn wir die Haupthöhle und die Eiskammer je für sich allein betrachten.

Die Haupthöhle ist eine Windröhre, das heißt eine röhrenförmige Höhle mit zwei verschieden hochliegenden Mündungen.[1]) Durch die untere Mündung dringt, wenn es draußen kalt wird, die specifisch schwere Außenluft ein, und durch die obere Mündung tritt die specifisch leichtere, weil wärmere Höhlenluft ins Freie. Ist auf diese Weise die Höhlenluft durch Außenluft vollständig ersetzt worden, so besteht dennoch in der Höhle die von unten nach oben durchziehende Luftströmung fort, weil die eingedrungene Außenluft dem Höhlengesteine Wärme entzieht, wodurch sie leichter, als die noch außen befindliche Luft wird, und darum ebenfalls nach oben aus der Höhle entweicht. Während des Winters wird infolgedessen häufig und lang anhaltend kalte Luft durch die Höhle streichen und das Gestein stark abkühlen, und zwar von der Eintritt- gegen die Austrittstelle in abnehmendem Grade, weil sich die Luft in der Höhle umso mehr erwärmt, auf einer je längeren Strecke sie mit dem Gestein in Berührung ist. An der höher gelegenen Mündung tritt sie daher gegenüber der Außenluft relativ warm aus der Höhle.

Wird es im Freien wärmer als in der Höhle, so ist die Höhlenluft specifisch schwerer und fällt am unteren Röhrenende ins Freie, während am oberen warme Luft von außen eingesogen wird; diese gibt an das Gestein Wärme ab, wird solcherart selbst kühler und schwerer, als die noch außen befindliche Luft, und fällt ebenfalls am unteren Ende der Röhre heraus. Der absteigende Luftstrom hält folglich auch dann noch an, wenn die Höhlenluft schon vollständig ausgewechselt ist; er erwärmt das Gestein an der Eintrittstelle am meisten, an der Austrittstelle am wenigsten, weil er hier schon stark abgekühlt ankommt.

In den Windröhren, in denen wir also, ebenso wie in den sackförmigen Höhlen, Kälte- und Wärmeperioden unterscheiden können, wird daher jederzeit — das heißt in beiden Perioden — die Temperatur vom oberen Höhlenende gegen das untere abnehmen. Aus diesem Grunde beginnt, wenn das nöthige Sicker-

---

[1]) Die beiden Löcher auf der Gsollseite werden als eine Mündung zusammengefasst.

wasser vorhanden ist, die Eisbildung am unteren Ende, wo sich das Eis im Frühjahr auch am längsten hält.

Die Geschwindigkeit des Luftstromes nimmt — von Querschnittsänderungen der Röhre abgesehen — gegen die Austrittstelle zu: erstens, weil die austretende Luft keine Reibung an den Wänden zu überwinden hat, und zweitens, weil an dieser Stelle die specifischen Gewichtsunterschiede der Luft am größten sind. Der erhöhten Geschwindigkeit genügt ein kleiner Querschnitt, daher der durchziehende Luftstrom in den Wärmeperioden am unteren Ende nur an der Sohle, in den Kälteperioden am oberen Ende nur an der Decke zu verspüren ist. Die vollgezogenen Linien, Taf. V, Fig. 7 und 8, versinnlichen das Gesagte.

In den todten Winkeln t_1 und t_2 entstehen selbständige Luftströmungen, die in den angeführten Figuren durch gestrichelte Linien angedeutet sind. Aus t fällt Luft unten heraus, die oben durch in die Höhle tretende wärmere Luft ersetzt wird. Indem diese mit der Decke in Berührung kommt, wird sie abgekühlt; sie sinkt und zieht wieder auswärts. In dem todten Winkel t_2 fällt die kalte Winterluft nach der Sohle wie in eine sackförmige Höhle, erwärmt sich, steigt auf und zieht mit der allgemeinen Strömung wieder ins Freie zurück. In die Windröhren strömt folglich in den Wärmeperioden an den Scheiteln, in den Kälteperioden an den Sohlen beider Eingänge Luft ein. Die Strömungen in den todten Winkeln können selbstverständlich nur in geräumigen Höhlen beobachtet werden.

Luftruhe herrscht in den Windröhren, wenn Höhlen- und Außenluft dieselbe Temperatur haben.

Unter besonderen Verhältnissen kann ganz wider die Regel bei hoher Außentemperatur die Luft in der Höhle aufwärts ziehen, wenn nemlich der Luftdruck auf beiden Seiten des Berges, an denen die Höhle mündet, derart verschieden ist, dass am unteren Röhrenende ein großer Luftdrucküberschuss vorhanden ist. Ein solcher Fall dürfte vorgelegen sein, als E. Richter am 5. August 1876[1]) in der Haupthöhle einen aufwärtssteigenden Luftstrom wahrnahm.

Weil die Windröhren der warmen Sommerluft den Eintritt ermöglichen, steigt ihre Temperatur höher als jene der Sackhöhlen. So fand ich am 18. August 1895 am unteren, das ist am kälteren Ende der als Windröhre functionierenden Frauenmauer Höhle die Temperatur $+5{\cdot}9^0$, in der sackförmigen Eiskammer aber nur $-0{\cdot}1^0$ bis $+1{\cdot}0^0$. Leider konnte ich aus Zeitmangel nicht auch an anderen Punkten der Haupthöhle Temperaturmessungen anstellen.

Die Temperatur der Luft in den Windröhren bleibt in der warmen Jahreszeit unter der Lufttemperatur im Freien, theilweise weil die eindringende Luft an das im Winter abgekühlte Gestein, das von der Sonnenstrahlung nie getroffen wird, Wärme abgibt, theilweise weil der lebhafte Luftzug die Verdunstung des etwa vorhandenen Tropfwassers begünstigt, womit ein großer Wärmeverbrauch verbunden ist.

Ehe wir zur Betrachtung der Luftströmung in dem zur Eiskammer führenden Gang übergehen, wollen wir die Luftbewegungen studieren, die in einer ansteigenden, blind endenden Höhle, deren Verticalschnitt auf Taf. V, Fig. 9, dargestellt ist, stattfinden müssen.

---

[1]) Fugger, I, S. 28.

Wird es im Freien kalt, so dringt von außen Luft in die Höhle, bis sie diese bis zu dem Horizont *a b* des höchsten Punktes *a* des Einganges erfüllt hat. Die warme Luft oberhalb *a b* bleibt, weil sie wegen des geringen specifischen Gewichtes nicht herabsinken und wegen des Abschlusses der Höhle nach oben nicht entweichen kann, während der Kälteperioden in dem Raume *a b c* gefangen. Sie verhindert die Berührung der kalten Außenluft mit der Felsfläche *a c b*, hält also den Fels auch im Winter warm. Solcherart gestaltete Höhlen nennen wir darum warme Höhlen.

Die kalte Luft in dem Raume *a b d* entzieht dem Fels *d b* Wärme, steigt auf und zieht unter dem Horizonte *a b* höhlenauswärts; kalte Luft von außen dringt nach, und so entsteht die in der Figur angedeutete beständige Luftströmung, die den Fels *d b* abkühlt.

Wird es draußen warm, so fällt aus dem Raume *a b d* die kalte Luft heraus, und warme Luft von außen nimmt deren Platz ein. Es entsteht eine der früheren entgegengesetzt gerichtete Strömung. In dem Raume *a b c* tritt erst dann Luftwechsel ein, wenn die Temperatur im Freien über jene des genannten Raumes steigt. (Siehe Taf. V, Fig. 10.)

Jetzt erst wollen wir uns eine Höhle von der Gestalt der «Eiskammer» mit ihrem Zugange vor Augen halten, als eine blinde Höhle, Taf. V, Fig. 11, die in dem vorderen Theile ansteigt, in dem rückwärtigen sich senkt, und deren höchster Punkt *b* der Sohle unter dem Horizonte *g e* des Scheitels *g* am Eingang liegt. Im Winter wird das ganze Gestein, das den Raum *a b c d e g* begrenzt, durch die einfallende kalte Winterluft intensiv abgekühlt. Im Sommer wird, Taf. V, Fig. 12, die Luft aus dem Raume *a b h f g* durch wärmere Außenluft ersetzt. Es entsteht die in der Fig. 12 angedeutete Luftströmung, von der der Höhlenbesucher nur den absteigenden und auswärts gerichteten Ast *b a* fühlt. Auf der Strecke *b c* befindet sich der Höhlenbesucher bereits unterhalb der Strömung, in dem Theile der Höhle, wohin wegen des bergwärts gerichteten Falles der Sohle keine warme Luft gelangen kann, und der darum eine kalte, eine Eishöhle ist, während der vordere Theil, so weit er unter dem Horizonte von *g* liegt, sowohl der kalten, als auch der warmen Luft den Zutritt gestattet.

Aus dem Zugange zur Eiskammer tritt die Luft nicht unmittelbar ins Freie, sondern zunächst in die Haupthöhle, in der sie sich der dort eben herrschenden Strömung anschließt. Ebenso wenig tritt in diesen Zugang direct aus dem Freien Luft. Im Winter sendet der aufsteigende Luftstrom schon nachdem er einen Weg von circa 30 *m* in der Windröhre zurückgelegt, sich also noch nicht besonders erwärmt hat, eine Abzweigung in die Eiskammer. Im Sommer dagegen sendet der absteigende Luftstrom erst nach Zurücklegung eines Weges von rund 400 *m*, also nachdem er sich schon stark abgekühlt hat, einen Ast in den Zugang zur Eiskammer. Wirklich warme Luft kommt dahin also nie, daher die Temperatur des Zuganges stets eine niedrige sein wird.

Wir haben erkannt, dass die Eiskammer eine gewöhnliche Eishöhle ist, die einer Windröhre, nahe ihrem unteren Ende, seitlich angehängt ist.

Die Bildung der bedeutenden Eismengen hängt in dieser Höhle — wie in allen anderen ähnlichen Fällen — damit zusammen, dass während der Kälteperioden viel

Sickerwasser in die Höhle kommt. — Die niedrige Temperatur von $-0{\cdot}1^0$ im August mag, wie in der Beilsteinhöhle u. a., mit einer vor kurzer Zeit stattgefundenen Kälteperiode zusammenhängen. — Dass an vier Punkten die Temperatur $-0{\cdot}1^0$ gefunden wurde, ist eine Folge der gleichen Höhenlage dieser vier Punkte über dem Eisspiegel.

8. Die Kolowratshöhle im Untersberge bei Salzburg

Diese schönste mir bekannte Eishöhle — ein wahres Prachtstück — hat durch Professor E. Fugger[1]) eine eingehende Untersuchung erfahren. Fugger hat die Höhle genau vermessen; auf Taf. V, Fig. 3 ist der von ihm gezeichnete Verticalschnitt durch die Höhle copiert.

Bei meinem Besuche am 2. October 1896 war die Schneehalde klein; sie bestand aus körnigem Firnschnee und besaß unten einen Eissaum. Der gebahnte Abstieg in die Höhle war schneefrei. Nur in den Winkeln der untersten Stiegenstufen lag einiges Eis — wahrscheinlich Reste der im Winter ausgedehnteren Schneehalde. Das auf dem Fugger'schen Plane mit dem untersten Eisplateau zusammenhängende Eisgebilde I stand isoliert und war durch Tropfwasser sehr stark angegriffen. Das unterste Eisplateau hatte gegen seinen vorderen Rand einen schwachen Fall, in welcher Richtung mehrere Schmelzwasser- oder Tropfwasserfurchen bis zum Eisrande verliefen, wo das ablaufende Wasser im Schutt versiegte. — Der Tropftrichter *T* des Planes war fast kreisrund und, obwohl fortwährend Wasser in ihn fiel, nicht gefüllt. Daneben, nur durch eine schmale Eiswand getrennt, befand sich ein kleines ovales Becken, dessen Verbindung mit dem Trichter *T* durch ein Rinnsal hergestellt wurde, das die Eiswand bis zu dem mit Steinen bedeckten Boden durchschnitt. Weil die beiden Wasserbecken nicht überliefen, musste das Wasser in den Schutt des Untergrundes versinken. Nach rückwärts schwang sich die Eisfläche zu einem zweiten Eisplateau empor, das mehrere große Stalagmiten trug, auf die viel Tropfwasser fiel.

Am 2. October 1896 um 11^h Vormittag fand ich folgende Temperaturen:

Im Freien, 20 *m* südlich vom Eingang	$+8{\cdot}7^0$
direct unter dem Eingang	$+1{\cdot}8^0$
am Weg in ungefähr halber Höhlentiefe	$+0{\cdot}6^0$
am Fuß des Schuttkegels ganz nahe dem vorderen Eisrand	$+0{\cdot}3^0$

Luftzug spürte ich nur im Eingange der Höhle, und zwar zog die Strömung kräftig nach außen. Die Kerzenflamme drohte sowohl an der Schwelle, als auch hochgehalten, zu erlöschen. Für diesen Luftzug sind zwei Erklärungen denkbar. Entweder fiel aus dem vordersten, höher als die Eingangsschwelle liegenden Höhlenraume die kalte Luft heraus ins Freie, und es drang am Scheitel des hohen Einganges Außenluft zum Ersatz in die Höhle; oder, was mir wahrscheinlicher dünkt, es münden an jenen Stellen der Decke, wo größere Tropfwassermassen in die Höhle gelangen, Windröhren, durch die Luft in die Höhle fällt, welche Luft, weil sie wärmer als die in der Höhle ist, an der Decke bleibt und an dieser gegen

---

[1]) E. Fugger: «Eishöhlen und Windröhren», I. Thl., a. a. O. S. 15, und vielfach im III. Thl. — «Beobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges bei Salzburg», Salzburg 1888. — Die Meereshöhe der Höhle beträgt 1 391 *m*.

den Eingang und dort ins Freie streicht. Da es endlich möglich ist, dass beide Luftströmungen gleichzeitig vorhanden sind, wurden sie von mir, wie die hypothetischen Windröhren w_1 und w_2, in den Fugger'schen Verticalschnitt eingezeichnet.

Mag was immer für einer von den angeführten Fällen zutreffen, so bleibt der tiefliegende, Eis bergende Theil der Höhle doch von jeder Zufuhr warmer Luft verschont, und wir treffen darin genau dieselben Ursachen der Eisbildung und Eiserhaltung, und dieselben Ursachen der niederen Sommertemperaturen, wie in den übrigen Eishöhlen.

9. und 10. Das Taubenloch und die Seelucken im Oetscher [1])

Diese zwei Höhlen studierte ich im Vereine mit Prof. Dr. Robert Sieger. Die Eingänge beider Höhlen liegen in der nach Süden abstürzenden Felswand des Oetscherkammes in Meereshöhen von 1485 und 1470 *m*. [2]) Der Eingang der ersten Höhle ist rein nach Süden, der der zweiten nach Südost gerichtet. Die Sohle der Seelucken oder des Geldloches, wie sie mit einem anderen Namen heißt, fällt sofort vom Eingange nach einwärts, während die Sohle des Taubenloches zuerst ein Stück weit horizontal verläuft. Beide Höhlen unterscheiden sich sehr wesentlich durch ihre Temperaturen und dadurch, dass die Seelucken sehr bedeutende Eismassen birgt, während das Taubenloch im Sommer trotz seiner Sackform eisfrei ist. Es gelang uns, das so verschiedene Verhalten beider Höhlen zu enträthseln. Da wir einen ausführlicheren Bericht gemeinsam veröffentlichen werden, [3]) beschränke ich mich hier auf die Wiedergabe des Wichtigsten.

Das Taubenloch ist eine sackförmig gestaltete Höhle, an deren Grund eine von Schmidl «Kapelle» genannte Windröhre *a b* (Sieh die schematische Zeichnung Taf. V, Fig. 4) mündet. In der warmen Jahreszeit fällt, wie wir wahrgenommen haben, aus der Windröhre bei *b* in die Sackhöhle continuierlich Luft, die eine Temperatur über 0° hat, daher das in der Höhle während des Winters etwa gebildete Eis bald aufgezehrt wird. Die Strömung in der Windröhre wird erleichtert durch den verticalen Verlauf der Röhre und den verhältnismäßig großen Höhenunterschied der Enden *a* und *b*.

Am 13. September 1897 fanden wir zwischen 3 und 4^h Nachmittag folgende Temperaturen:

Im vordersten Höhlenraum	+ 7·6°
im oberen Drittel der abfallenden Sohle	+ 7·7°
an der tiefsten Stelle der Sackhöhle . .	+ 6·5°
am Eingang in die Kapelle.	+ 6·4°

Die Seelucken ist, wie wir durch Luftzugbeobachtungen in sicherer Weise feststellten, selbst eine echte Windröhre, die aber selten als solche functionieren kann, weil sie bei großer Länge und wahrscheinlich geringer Höhendifferenz ihrer Enden knieförmige, nach abwärts gerichtete Biegungen aufweist; in diesen sammelt sich kalte, specifisch schwere Luft an, die die Höhle wie durch einen Stöpsel verschließt,

---

[1]) Fugger, I. S. 24. — Ferner Schmidl: «Die Höhlen des Oetscher», Sitzungsberichte der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Classe der Kais. Akademie der Wissenschaften, Wien 1857, S. 180.

[2]) Freytag's Oetscherkarte vom Jahre 1888.

[3]) Und zwar im «Globus».

der nur einem von einer Seite kommenden, bedeutenden Ueberdrucke weicht. Nahe dem Südende der Windröhre befindet sich ein solches Knie, worin sich wegen des seltenen Luftdurchzuges auch in der warmen Jahreszeit gewaltige Eismassen halten können.

Am 13. September 1897, an welchem Tage in der Höhle gar kein Luftzug war, fanden wir zwischen 11 und 12^h Vormittag folgende Temperaturen:

Außerhalb der Höhle	$+ 7{\cdot}1^0$
in der Höhle nahe dem Eingang	$+ 1{\cdot}5^0$
etwas tiefer unten	$+ 1{\cdot}1^0$
an der tiefsten Stelle des Knies am Eisrand	$+ 0{\cdot}8^0$

Am 31. October 1897 zog durch die Höhle ein Luftstrom, der — wie die Höhle selbst — hier in die Höhe stieg, dort zur Tiefe fiel und am Südende der Höhle ins Freie trat. Die Temperaturen an diesem Tage waren:

Außerhalb der Höhle	$+ 3{\cdot}7^0$
in der Höhle nahe dem Eingang	$+ 1{\cdot}3^0$
etwas tiefer unten	$+ 1{\cdot}0^0$
noch tiefer	$+ 0{\cdot}8^0$
an der tiefsten Stelle des Knies am Eisrande	$+ 0{\cdot}8^0$
weiter rückwärts über dem Eis	$+ 0{\cdot}9^0$
noch weiter rückwärts über der zweiten, höherliegenden Eisfläche	$+ 1{\cdot}0^0$
im Hauptgang hinter dem Knie überall	$+ 1{\cdot}4^0$

Der Einfluss des Eises und der Gesteinstemperatur auf die Temperatur der Luft ist unverkennbar. Zum Eise kam die Luft mit einer Temperatur von $+ 1{\cdot}4^0$, kühlte sich darüber auf $+ 0{\cdot}8^0$ ab und erwärmte sich während des Aufstieges zum Höhlenende vom Fels her wieder auf $+ 1{\cdot}3^0$. Aus dem Umstande, dass von der tiefsten Stelle im Knie **kalte** Luft aufstieg, geht unfehlbar hervor, dass die Luft durch die Höhle gepresst wurde. Die Ursache der Pressung werden wir in unserer oben angekündigten Arbeit auseinandersetzen.

11. Das Nixloch bei Hallthurm in Bayern [1])

Diese interessante Höhle kennen gelernt zu haben, verdanke ich der liebenswürdigen Führung durch Herrn Prof. E. Fugger. Das Nixloch ist ein großer Raum zwischen riesigen Trümmern eines alten vom Untersberge losgebrochenen Bergsturzes, dessen Oberfläche bereits eine Humusdecke und hohen Waldbestand trägt. Durch einen kurzen, schliefbaren Schacht gelangt man in den schräg abfallenden Hauptraum, von dem nach links ein Gang zwischen Blöcken eine kleine Strecke in die Tiefe führt. Außerdem zweigen nach unten und oben zwischen den aufeinandergethürmten Blöcken viele bis an die Oberfläche des Bergsturzes reichende Canäle mit kleinen Querschnitten ab.

Die Mündungen an der Erdoberfläche der nach oben führenden Canäle waren bei unserem Besuche am 1. April 1896 leicht zu finden, da sie, wenn sie auch noch so klein waren, von dem sonst 20 *cm* tief liegenden Schnee nicht verdeckt wurden, weil die ausströmende warme Luft den Schnee schmolz.

---

[1]) Fugger, II, S. 30.

Im Einstiegschacht, im Hauptraum und in den von dem letzteren abzweigenden Canälen war überall die Luftbewegung nach oben gerichtet. Im Freien betrug die Temperatur um $11^h\ 30^m$ $-0{\cdot}4^0$, in der Mündung des Schachtes $+6{\cdot}6^0$ und in der Höhle zwischen ihrer linksseitigen Ausbuchtung und dem erwähnten Gange $+7{\cdot}1^0$.

Das Nixloch ist ein Höhlenraum, worin sich viele von dem Fuße des Bergsturzes beginnende, mannigfaltig verzweigte, enge Windröhren treffen, um sich nach oben hin wieder zu trennen.

Weil wir die Höhle bei niedriger Außentemperatur besuchten, trafen wir den aufsteigenden Luftstrom an, der in den Canälen durch Wärmeaufnahme aus dem Gestein von $-0{\cdot}4^0$ auf $+7{\cdot}1^0$, also um $7{\cdot}5^0$ erwärmt wurde. Gegen die Austrittstelle im Schachte sank die Temperatur um $0{\cdot}5^0$, weil dort die Luft mit dem von der Erdoberfläche her abgekühlten Gestein in Berührung trat.

Die hohe Erwärmung der Luft ist durch den kleinen Querschnitt der Canäle bedingt, der nur ein kleines Luftquantum hindurchlässt, dieses aber mit einer relativ großen Felsfläche in Berührung bringt; außerdem nicht minder durch die nicht unbedeutende Länge der Canäle. Fugger hat seinerzeit die unteren Enden mehrerer Windröhren bei dem einige Minuten entfernten Bahnhofe von Hallthurm gefunden.

Das Nixloch bildet mit seinen Verzweigungen ein ganzes Netz von Windröhren.

ALLGEMEINE SCHLÜSSE

Obwohl ich Beobachtungsreihen nur im Tablerloch gewonnen, in den anderen Höhlen aber bloß einzelne Beobachtungen angestellt habe, so glaube ich doch, auch über den Charakter der letzteren Höhlen ein sicheres Urtheil fällen zu können.

Die von mir untersuchten Höhlen sind entweder kalte Höhlen (Gipsloch, Windloch), gewöhnliche Eishöhlen (Tablerloch, Eiskeller auf der Rax, Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm, Eishöhle am Beilstein, Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab), Windröhren (Nixloch), oder Combinationen von Windröhren mit Eishöhlen (Frauenmauer-Höhle mit der Eiskammer, Kolowratshöhle?). Eine ganz besonderere Stellung nimmt die Seelucken als Theil einer Windröhre ein, die nur selten als solche thätig ist. Das Taubenloch ist eine kalte Höhle, in die eine Windröhre mündet.

Eine stricte Grenze zwischen kalten und Eishöhlen gibt es nicht. Den Uebergang zwischen beiden bilden solche Höhlen, die nur in manchen Jahren eisfrei werden (Tablerloch). Eine Besonderheit sind die gekuppelten Eishöhlen, das sind zwei Eishöhlen, die unter einander liegen und mit einander durch Schächte verbunden sind (Eishöhle im Brandstein bei der Langriedleralm, Eishöhle im Brandstein am Hochschwab).

Die Windröhren kommen entweder einzeln oder in Gesellschaft vor, so dass sie ein förmliches Netzwerk bilden, was hauptsächlich in Bergstürzen der Fall ist (Nixloch). Die Seelucken ist eine Windröhre, die sich gabelt. Von großer Wichtigkeit ist, ob eine Windröhre durchaus nach einer Richtung fällt (Frauenmauer-Höhle), oder ob sie abwechselnd fällt und steigt. In dem ersten Falle zieht die Luft jederzeit, insbesondere bei starkem Fall der Röhre, leicht hindurch, in dem anderen

entsteht dort, wo die Höhle knieförmig nach abwärts gebogen ist, eine Ansammlung von kalter Luft, die den häufigen Luftdurchzug verhindert, weshalb sich in den sackartigen Biegungen der Höhle das im Winter gebildete Eis erhält (Seelucken).

Die Verbindung von Sackhöhlen mit Windröhren kann verschiedenartig sein.

Ist die Sackhöhle der Windröhre seitlich angehängt, so bezieht sie nur zur Zeit der Kälteperioden aus der Windröhre Luft; und wenn die Sackhöhle von dem unteren Ende der Windröhre nicht zu weit entfernt ist, so dass die Luft nicht zu sehr erwärmt in den Sack fällt, so wird, wenn das nöthige Sickerwasser vorhanden ist, der Sack zur Eishöhle (Eiskammer in der Frauenmauer).

Mündet eine Windröhre mit ihrem unteren Ende an der Decke einer Sackhöhle, so leitet die Röhre nur in den Wärmeperioden Luft, und zwar warme Luft, in den Sack, die aber, an der Decke bleibend und durch den Eingang der Sackhöhle ins Freie ziehend, auf die Temperatur des tiefer liegenden Sacktheiles keinen Einfluss nimmt (Kolowratshöhle?).

Mündet endlich eine Windröhre mit ihrem unteren Ende am Grunde einer Sackhöhle, dann durchzieht in den Wärmeperioden die aus der Röhre kommende warme Luft den ganzen Sack von unten nach oben gegen den Eingang der Sackhöhle und bringt das etwa darin im Winter gebildete Eis rasch zum Schmelzen (Taubenloch).

Für jede mit der Atmosphäre communicierende Höhle gilt, dass ihre Temperatur in erster Linie durch die Temperatur der Luft, die die Höhle längere Zeit durchzieht, bestimmt wird.

Ob nun nur kalte Winterluft, oder nur warme Sommerluft, oder endlich abwechselnd kalte und warme Luft in die Höhle dringt, hängt lediglich von der Gestalt der Höhle ab.[1])

Nach abwärts gerichtete, unten geschlossene Höhlen lassen nur kalte Luft eindringen. Solche Höhlen sind daher kalt und bergen häufig Eis. Diese Form habe ich bei allen besichtigten Eishöhlen angetroffen, und in keinem einzigen Falle habe ich mich bemüssigt gefunden, die niedrige Sommertemperatur und das Vorkommen des Eises auf eine andere Weise als im Tablerloch, nemlich durch die Sackform, zu erklären. Abweichungen fand ich nur darin, dass in manchen Eishöhlen (Beilsteinhöhle und Kolowratshöhle) nicht nur im Gestein, sondern auch in den großen Eismassen sehr viel Winterkälte aufgestapelt war. Im Eiskeller auf der Rax bildete wieder der mächtige Schneekegel ein hervorragendes Kältereservoir. Die ungleichen Eismengen in den verschiedenen Höhlen sind lediglich Folgen der verschiedenen Tropfwasserverhältnisse.

In allen Eishöhlen, die ich während des Sommers oder Herbstes besucht habe, erkannte ich, dass das Eis in der warmen Jahreszeit nicht zuwächst, sondern abschmiltzt. Die in der Beilsteinhöhle und im Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab gesehenen, sehr geringfügigen Sommereisbildungen gehören ebenso zu den Ausnahmen, wie die für die Sommerszeit abnorm kalte Witterung, die diese Eisbildungen veranlasst hat.

---

[1]) Siehe hierüber auch A. Penck: «Die Temperaturverhältnisse der Grotten von St. Canzian bei Triest», Meteorologische Zeitschrift, 1889, S. 161.

Die Himmelsgegend, nach der die Höhlenmündung gerichtet ist, hat auf die Eiserhaltung und die Sommertemperatur keinen entscheidenden Einfluss, wie der Befund in der Beilsteinhöhle lehrt, weil die Sonnenstrahlen doch nur selten und nur kurze Zeit in die Höhle dringen. Doch ist eine nördliche Richtung zweifellos dem Eishöhlenphänomen günstig.

Wenngleich die Mehrzahl der Eishöhlen in größerer Meereshöhe liegt, möchte ich trotzdem der Höhenlage — wenigstens innerhalb gewisser Grenzen nach oben und unten — keine besondere Wichtigkeit für das Eishöhlenphänomen zuerkennen, da in unseren Gegenden auch das Thalklima dem Phänomene günstig ist. Die Seltenheit tiefer liegender Eishöhlen erkläre ich dadurch, dass die Ausgänge der in den Bergsockeln liegenden Höhlen meist unter Verwitterungsschutt begraben sind, während sie in größeren Höhen in freistehenden Felswänden liegen.

Nicht etwas Zufälliges erblicke ich in dem Vorkommen dreier Eishöhlen (Tablerloch, Eisloch im Brandstein auf dem Hochschwab und auch die Seelucken gehört diesbezüglich hieher) genau an der oberen Grenze von Schutthalden, wo sich diese an die Felswände anlegen. Der über der Höhle von der Bergwand gestürzte Schutt sammelte sich vor der Höhle an, kollerte zum Theil in die Höhle und schuf so die nach innen abfallende Sohle, wodurch die früher ein mehr oder weniger horizontal verlaufendes Ende besitzende Höhle in eine Eishöhle umgestaltet wurde, nachdem sie im Inneren durch Einstürze oder Versinterungen einen Abschluss erhalten hatte.

Wächst die Schutthalde noch weiter in die Höhle, so verschließt sie mit der Zeit den Höhleneingang vollständig. Der Lufteintritt — somit auch die Abkühlung von außen — hört dann auf, und infolge der langsam vordringenden Erdwärme erhält die Höhle, beziehungsweise das sie umgebende Gestein, nach einer Reihe von Jahren jene Temperatur, die ihm vermöge seines Abstandes von der Erdoberfläche zukommt. Eine kleine Störung in dem Verlaufe der Geoisothermen verbleibt zwar auch dann, weil die eingeschlossene Luft fortwährend die Wärme der Tiefe rasch nach oben befördert.

Wir haben gefunden, jede der untersuchten Eishöhlen hat zwar ihre besondere Eigenthümlichkeit, aber dennoch gilt für jede ohne Ausnahme die Deluc-Thury'sche Theorie voll und ganz. Das Eis wird in allen diesen Höhlen im Winter und Frühjahr gebildet, weil zu diesen Zeiten entweder die kalte Außenluft in die Höhle fällt, oder die im Fels aufgespeicherte Winterkälte noch hinreicht, das fallende Tropfwasser zum Gefrieren zu bringen. In der warmen Jahreszeit steigt die Höhlentemperatur hauptsächlich infolge des Vordringens der Bodenwärme und vermöge der Tropfwasserwärme, wodurch Eis zum Schmelzen gebracht wird. Je nach den Schwankungen des Klimas im Freien schwankt auch die Eismenge in den Höhlen von Jahr zu Jahr.

Nach aufwärts gerichtete, oben geschlossene Höhlen lassen nur warme Luft eindringen und besitzen daher relativ hohe Temperaturen.

Röhrenförmige, an beiden Enden offene Höhlen werden abwechselnd von kalter und warmer Luft durchzogen. Das Gestein solcher «Windröhren» genannten Höhlen wird ebenso, wie jenes der kalten Höhlen, im Winter abgekühlt, nur geht seine Temperatur im Sommer rasch in die Höhe, weil warme Luft die Höhle durchzieht. Da die eindringende Luft im Winter dem Fels Wärme entzieht, im Sommer an den Fels Wärme abgibt, so ist es auch in den Wind-

röhren, wie in den kalten und warmen Höhlen, während der Kälteperioden wärmer und während der Wärmeperioden kälter als im Freien. Die Amplitude der jährlichen Temperaturschwankungen in den Windröhren steht hinsichtlich ihrer Größe zwischen jener der kalten und warmen Höhlen einerseits, und der Luft im Freien andererseits.

Ein genaueres Studium der warmen Höhlen und der Windröhren beabsichtige ich zu einer späteren Zeit.

Tabelle A

Nr.	Besuchs-Datum		Temperaturen am Standplatz in C°														Temperaturen von Weidmannsfeld		
			III		I		o	n	p	m		k	g		e	r	7 Uhr Vormittag	12 Uhr Mittag	6 Uhr Nachmittag
			trock.	feucht	trock.	feucht	trocken				feucht	trocken		feucht	trocken				
1	7. Oct	1893	+16·1	+12·8	+ 6·7	+ 6·6	—	—	—	+ 1·2	+ 1·2	—	+ 0·6	+ 0·6	+ 1·0	—	—	—	—
2	21. »		+ 6·9	+ 4·7	+ 4·1	+ 3·8	—	—	—	+ 1·2	+ 1·2	—	+ 0·6	+ 0·6	+ 1·1	—	—	—	—
3	1. Nov.		+ 5·8	+ 4·1	+ 5·2	+ 4·1	+ 3·1	+ 2·5	+ 1·4	+ 1·3	+ 1·3	+ 1·0	+ 0·8	+ 0·8	+ 1·1	—	—	—	—
4	12. »		— 6·2	— 6·3	— 4·1	— 4·2	— 4·3	— 3·3	— 2·4	— 2·4	— 2·6	— 2·1	— 1·5	— 1·8	— 1·0	—	—	—	—
5	30. »		+ 8·9	+ 5·1	+ 2·5	+ 1·9	+ 0·7	+ 0·4	0·0	+ 0·1	+ 0·1	— 0·1	— 0·4	— 0·4	0·0	—	+ 1·3	+ 5·0	+ 1·3
6	10. Dec.		— 0·2	— 0·2	+ 0·2	0·0	0·0	— 0·1	— 0·1	— 0·2	— 0·2	— 0·4	— 0·6	— 0·6	— 0·3	—	+ 3·8	+ 6·3	+ 1·3
7	31. »		— 4·9	— 7·3	— 4·0	— 6·5	— 3·5	— 3·0	— 2·8	— 2·7	— 4·2	— 2·8	— 2·8	— 3·9	— 2·0	—	—15·0	— 5·0	— 1·3
8	14. Jänn.		+ 2·5	+ 2·1	— 0·7	— 1·8	— 1·2	— 1·2	— 1·4	— 1·3	— 1·3	— 1·7	— 2·3	— 2·3	— 1·2	—	—11·3	— 5·0	— 8·8
9	28. »		+ 0·4	— 1·3	— 0·3	— 1·0	— 0·3	— 0·4	— 0·5	— 0·4	— 0·7	— 0·7	— 0·9	— 1·0	— 0·4	—	— 3·8	+ 2·5	+ 1·3
10	11. Febr.		+ 7·2	+ 4·0	+ 5·1	+ 2·7	+ 0·4	+ 0·1	— 0·1	— 0·1	— 0·2	— 0·4	— 0·6	— 0·6	—	—	+ 7·5	+13·8	+11·3
11	25. »		— 2·6	— 2·7	— 2·4	— 2·8	— 2·5	— 1·9	— 1·8	— 1·7	— 2·1	— 1·8	— 2·0	— 2·0	— 1·3	—	+ 2·5	+ 7·5	+ 1·3
12	18. März		— 3·5	— 3·5	— 3·2	— 3·3	— 2·8	— 2·3	— 2·0	— 1·8	— 2·0	— 1·7	— 1·4	— 1·8	— 1·1	— 1·0	+ 2·5	+ 5·0	+ 3·8
13	31. »		+ 3·1	+ 0·3	+ 1·9	0·0	0·0	— 0·2	— 0·3	— 0·3	— 0·3	— 0·3	— 0·6	— 0·6	— 0·2	+ 0·2	+ 8·8	+12·5	+11·3
14	15. April		—	—	+ 3·2	+ 3·1	+ 0·9	+ 0·5	+ 0·1	+ 0·2	+ 0·2	— 0·1	— 0·3	— 0·3	0·0	+ 0·1	+ 7·5	+17·5	+15·0
15	29. »		+ 5·2	—	+ 4·1	+ 4·1	+ 1·5	+ 0·9	+ 0·2	+ 0·2	+ 0·2	0·0	— 0·1	— 0·1	+ 0·2	+ 0·2	+10·0	+11·3	+11·3
16	20. Mai	1894	+13·8	+11·1	+ 5·5	+ 5·3	+ 2·3	+ 1·5	+ 0·4	+ 0·3	+ 0·3	+ 0·1	— 0·2	— 0·2	— 0·1	+ 0·2	+12·5	+22·5	+20·6
17	3. Juni		+10·4	+ 9·6	+ 6·0	+ 5·0	+ 2·7	+ 1·6	+ 0·6	+ 0·6	+ 0·6	+ 0·3	— 0·1	— 0·1	+ 0·4	+ 0·4	+17·5	+21·3	+20·0
18	17. »		+13·6	+10·6	+ 6·9	+ 6·6	+ 3·2	+ 1·9	+ 0·8	+ 0·9	+ 0·9	+ 0·4	+ 0·3	+ 0·3	+ 0·6	+ 0·6	+17·5	+23·1	+20·0
19	8. Juli		+15·3	+13·6	+ 8·2	+ 8·2	+ 3·0	+ 2·3	+ 1·1	+ 0·9	+ 0·9	+ 0·5	+ 0·2	—	+ 0·7	+ 0·6	+18·8	+25·0	+23·1
20	1. Sept.		+17·1	+12·2	+ 8·6	+ 8·5	+ 4·9	+ 3·2	+ 1·6	+ 1·5	+ 1·5	+ 1·1	+ 0·6	+ 0·6	+ 1·2	+ 1·2	+11·9	+25·0	+21·3
21	15. »		+ 5·5	+ 2·5	+ 4·6	+ 2·9	+ 4·6	+ 3·0	+ 1·7	+ 1·5	+ 1·5	+ 1·3	+ 0·8	+ 0·8	+ 1·4	+ 1·4	+ 5·0	+13·8	+10·6
22	13. Oct.		+ 4·3	+ 3·6	+ 4·3	+ 3·8	+ 3·9	+ 3·1	+ 1·9	+ 1·7	+ 1·7	+ 1·4	+ 1·0	+ 1·0	+ 1·6	+ 1·6	+ 8·8	+13·1	+ 8·8
23	1. Nov.		+ 1·0	+ 0·1	+ 1·7	+ 0·5	+ 1·7	+ 1·9	+ 1·3	+ 1·3	+ 0·7	+ 1·2	+ 1·0	+ 1·0	+ 1·5	+ 1·6	+ 5·0	+ 7·5	+ 2·5
24	15. »		+11·1	—	+ 4·3	—	+ 3·3	—	+ 1·7	—	—	+ 1·5	+ 1·0	—	—	—			
25	1. Dec.		— 3·8	—	— 3·2	—	— 2·4	—	— 1·4	—	—	— 1·1	— 0·9	—	—	—			
26	22. »		— 3·9	—	— 3·4	—	— 2·7	—	— 1·7	—	—	— 1·3	— 1·2	—	—	—			
27	19. Jänn.	1895	+ 0·1	—	— 0·8	—	— 0·6	—	— 0·6	—	—	— 0·8	— 1·2	—	—	—			
28	11. Febr.		— 0·9	—	— 2·1	—	— 3·2	—	— 3·0	—	—	— 3·4	— 4·4	—	—	—			
29	2. März		— 0·6	—	— 1·7	—	— 2·2	—	— 2·3	—	—	— 2·5	— 3·0	—	—	—			
30	24. »		+ 6·6	—	+ 1·2	—	— 0·5	—	— 1·0	—	—	— 1·2	— 1·6	—	—	—			
31	27. April		+ 7·2	—	+ 4·0	—	+ 0·4	—	0·0	—	—	— 0·2	— 0·6	—	—	—			
32	8. Mai		+ 7·1	—	+ 2·3	—	+ 0·6	—	+ 0·1	—	—	— 0·1	— 0·4	—	—	—			
33	23. »		+ 9·4	—	+ 5·0	—	+ 1·1	—	—	—	—	0·0	— 0·1	—	—	—			
34	1. Juni		+15·3	—	+ 4·1	—	+ 1·5	—	—	—	—	+ 0·1	— 0·1	—	—	—			
35	15. »		+ 9·2	—	+ 5·1	—	+ 2·2	—	—	—	—	+ 0·1	0·0	—	—	—			
36	23. Juli		+13·4	—	+ 7·0	—	+ 4·2	—	+ 0·6	—	—	+ 0·3	+ 0·2	—	—	—			
37	28. Aug.		+15·6	—	+ 7·7	—	+ 4·5	—	+ 1·0	—	—	+ 0·4	+ 0·3	—	—	—			
38	22. Sept.		+ 7·2	—	+ 5·4	—	+ 4·2	—	+ 1·3	—	—	+ 0·9	+ 0·6	—	—	—			
39	20. Oct.		— 1·3	—	— 0·5	—	— 0·2	—	0·0	—	—	0·0	— 0·2	—	—	—			
40	5. Jänn.		— 4·7	—	—	—	— 3·5	—	—	—	—	+ 2·1	— 1·9	—	—	—			
41	1. März		— 3·0	—	— 3·0	—	—	—	— 2·4	—	—	—	— 2·8	—	—	—			
42	12. April		+ 3·5	—	+ 1·6	—	—	—	— 0·1	—	—	—	— 0·5	—	—	—			
43	31. Mai	1896	+10·2	—	+ 6·1	—	—	—	+ 0·4	—	—	—	+ 0·1	—	—	—			
44	29. Juni		+13·6	—	+ 6·9	—	—	—	+ 0·7	—	—	—	+ 0·2	—	—	—			
45	26. Sept.		+ 5·1	—	+ 5·4	—	—	—	+ 2·0	—	—	—	+ 0·7	—	—	—			
46	22. Nov.		— 2·9	—	— 2·5	—	—	—	— 0·9	—	—	—	— 0·5	—	—	—			
47	24. Febr.		+10·1	—	+ 4·0	—	—	—	— 0·1	—	—	—	— 0·8	—	—	—			
48	15. April	1897	—	—	+ 3·0	—	—	—	+ 0·4	—	—	—	— 0·2	—	—	—			
49	5. Juni		+17·0	—	+ 6·5	—	—	—	+ 1·0	—	—	—	+ 0·2	—	—	—			

Tabelle B

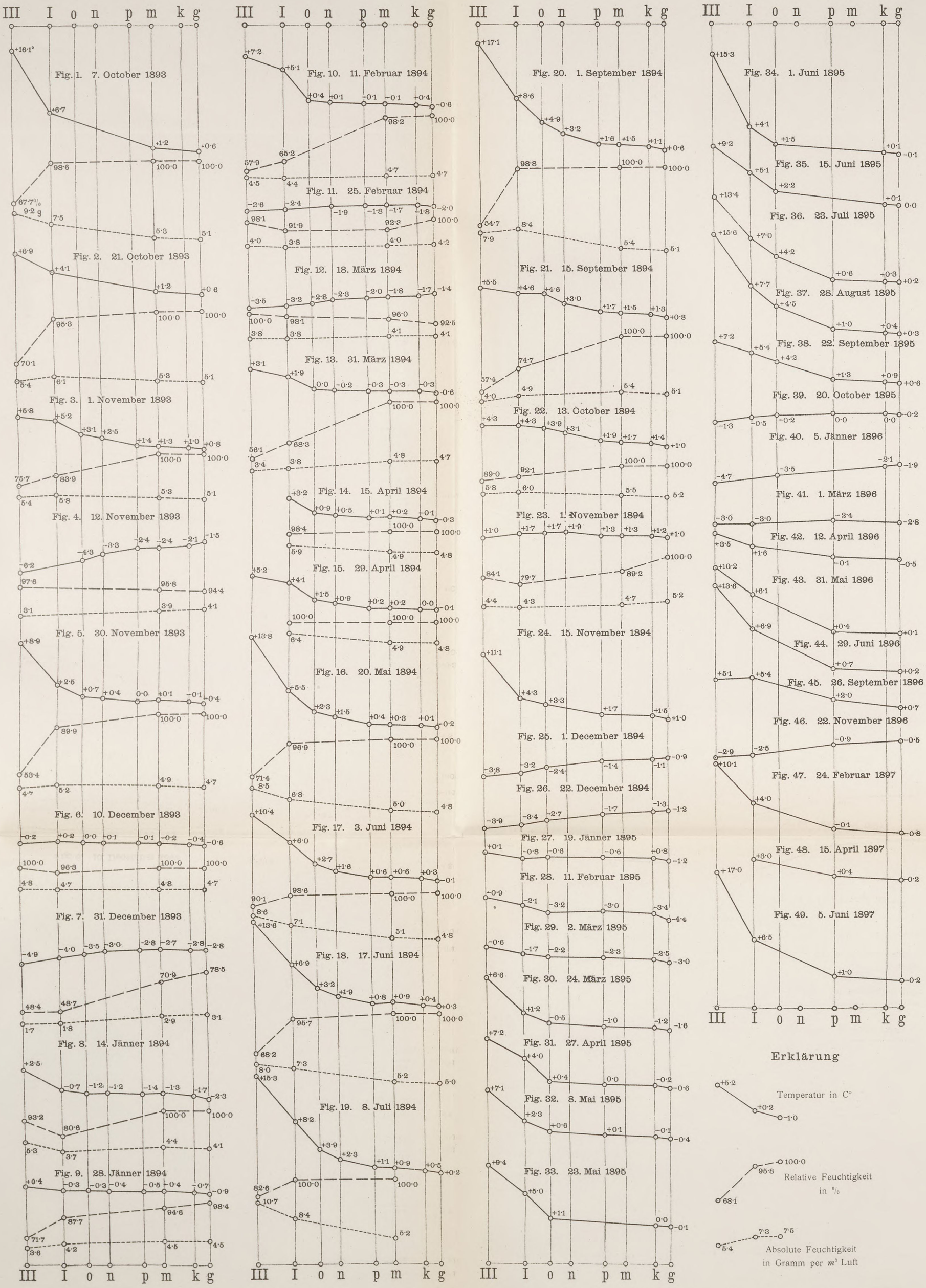
Nr.	Besuchs-Datum		Relative Feuchtigkeit in Procenten am Standplatz				Dampfgehalt in Gramm per m^3 Luft am Standplatz			
			III	I	m	g	III	I	m	g
1	7. Oct.	1893	67·7	98·6	100·0	100·0	9·2	7·5	5·3	5·1
2	21. »		70·1	95·3	100·0	100·0	5·4	6·1	5·3	5·1
3	1. Nov.		75·7	83·9	100·0	100·0	5·4	5·8	5·3	5·1
4	12. »		97·6	98·2	95·8	94·4	3·1	3·6	3·9	4·1
5	30. »		53·4	89·9	100·0	100·0	4·7	5·2	4·0	4·7
6	10. Dec.		100·0	96·3	100·0	100·0	4·8	4·7	4·8	4·7
7	31. »		48·4	48·7	70·9	78·5	1·7	1·8	2·9	3·1
8	14. Jänn.	1894	93·2	80·6	100·0	100·0	5·3	3·7	4·4	4·1
9	28. »		71·7	87·7	94·6	98·4	3·6	4·2	4·5	4·5
10	11. Febr.		57·9	65·2	98·2	100·0	4·5	4·4	4·7	4·7
11	25. »		98·1	91·9	92·3	100·0	4·0	3·8	4·0	4·2
12	18. März		100·0	98·1	96·0	92·5	3·8	3·8	4·1	4·1
13	31. »		56·1	68·3	100·0	100·0	3·4	3·8	4·8	4·7
14	15. April		—	98·4	100·0	100·0	—	5·9	4·9	4·8
15	29. »		—	100·0	100·0	100·0	—	6·4	4·9	4·8
16	20. Mai		71·4	96·9	100·0	100·0	8·5	6·8	5·0	4·8
17	3. Juni		90·1	98·6	100·0	100·0	8·6	7·1	5·1	4·8
18	17. »		68·2	95·7	100·0	100·0	8·0	7·3	5·2	5·0
19	8. Juli		82·6	100·0	100·0	—	10·7	8·4	5·2	—
20	1. Sept.		54·7	98·8	100·0	100·0	7·9	8·4	5·4	5·1
21	15. »		57·4	74·7	100·0	100·0	4·0	4·9	5·4	5·1
22	13. Oct.		87·0	92·1	100·0	100·0	5·8	6·0	5·5	5·2
23	1. Nov.		84·1	79·7	89·2	100·0	4·4	4·3	4·7	5·2

Tabelle C

Tropfenfall in der Höhle									
am		Stärke[1])	am		Stärke[1])	am		Stärke[1])
1. Oct.	1893	1	20. Mai	1894	3	6. Mai	1895	2
7. »		1	17. Juni		2	8. »		1
21. »		2	8. Juli		2	23. »		2
1. Nov.		1	1. Sept.		1	1. Juni		2
12. »		1	15. »		2	15. »		2
30. »		1	13. Oct.		3	23. Juli		1
10. Dec.		1	1. Nov.		1	28. Aug.		1
31. »		0	15. »		1	22. Sept.		1
14. Jänn.	1894	0	1. Dec.		0	20. Oct.		1
28. »		1	22. »		1	5. Jänn.	1896	1
11. Febr.		1	19. Jänn.	1895	1	1. März		0
25. »		0	11. Febr.		0	12. April		2
18. März		0	2. März		1	31. Mai		1
31. »		1	24. »		0	29. Juni		1
15. April		1	27. April		3	26. Sept.		1
29. »		2	2. Mai		2			

[1]) Gar kein Tropfen = 0, geringes Tropfen = 1, stärkeres Tropfen = 2, reichliches Tropfen = 3

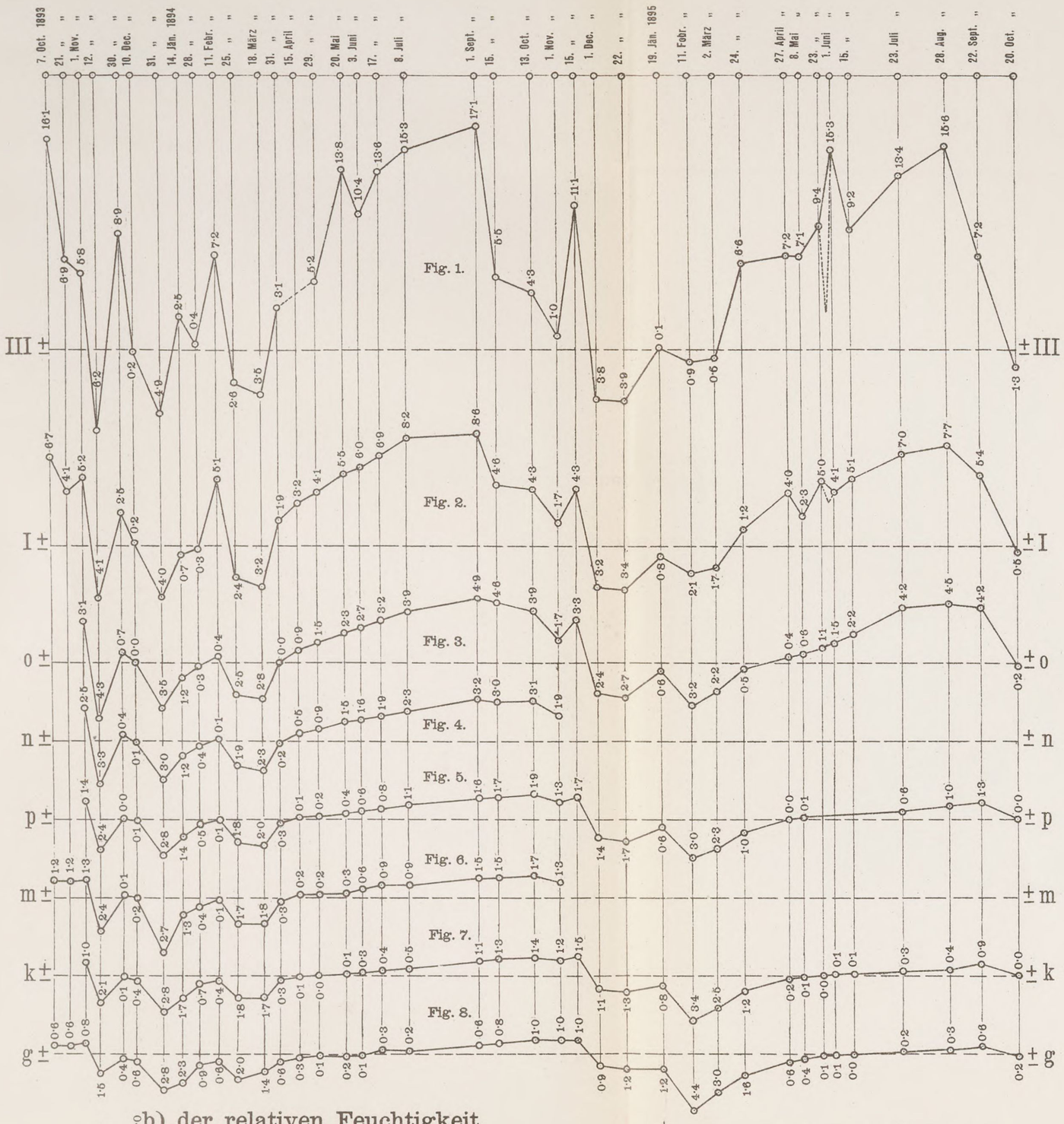
Temperatur, relative und absolute Feuchtigkeit an den einzelnen Besuchstagen



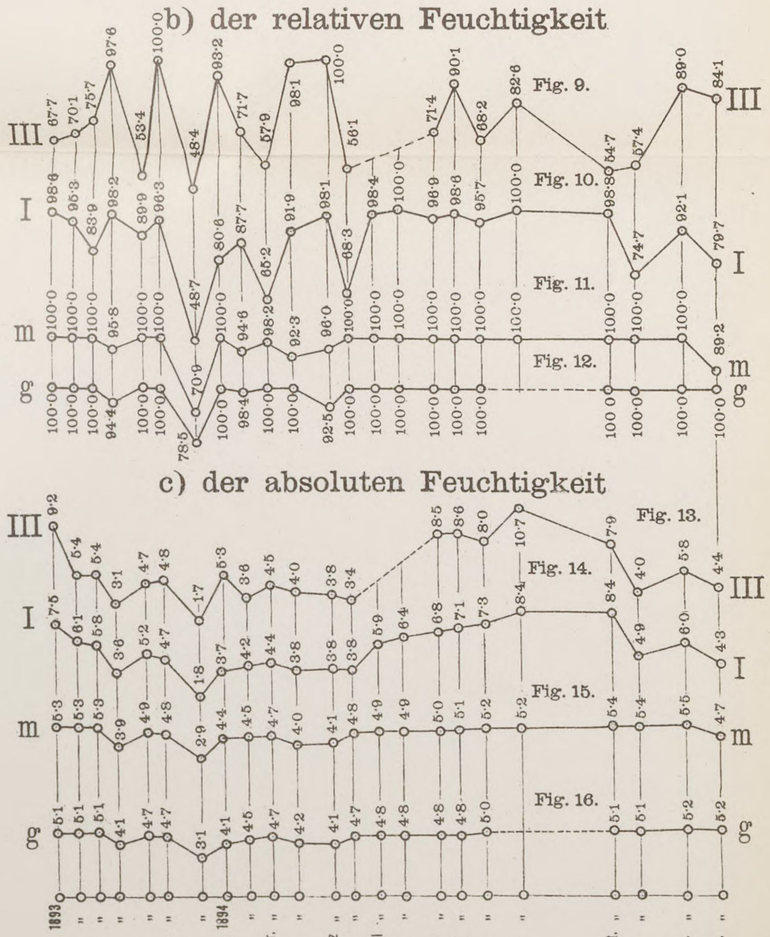
Photolithographie und Druck des k. und k. milit.-geogr. Institutes.

Jährlicher Gang

a) der Temperatur



b) der relativen Feuchtigkeit



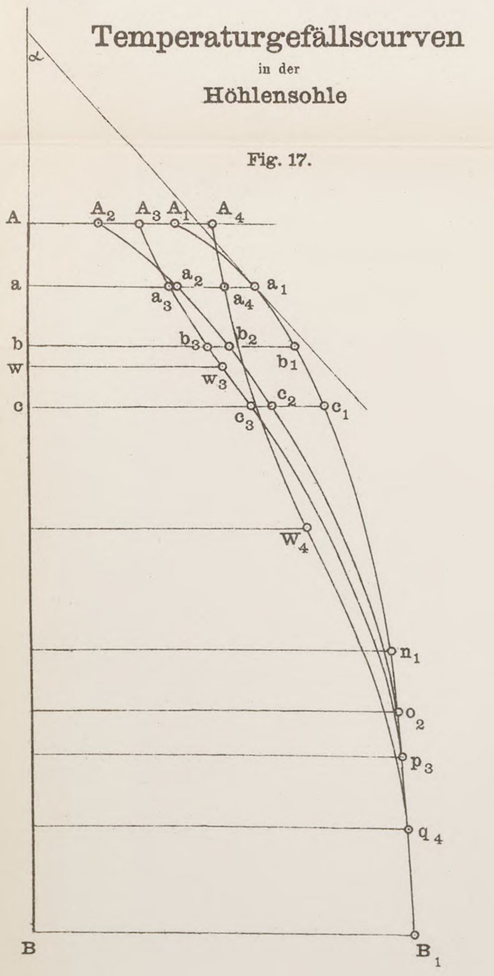
c) der absoluten Feuchtigkeit

Temperaturgefällscurven

in der

Höhlensohle

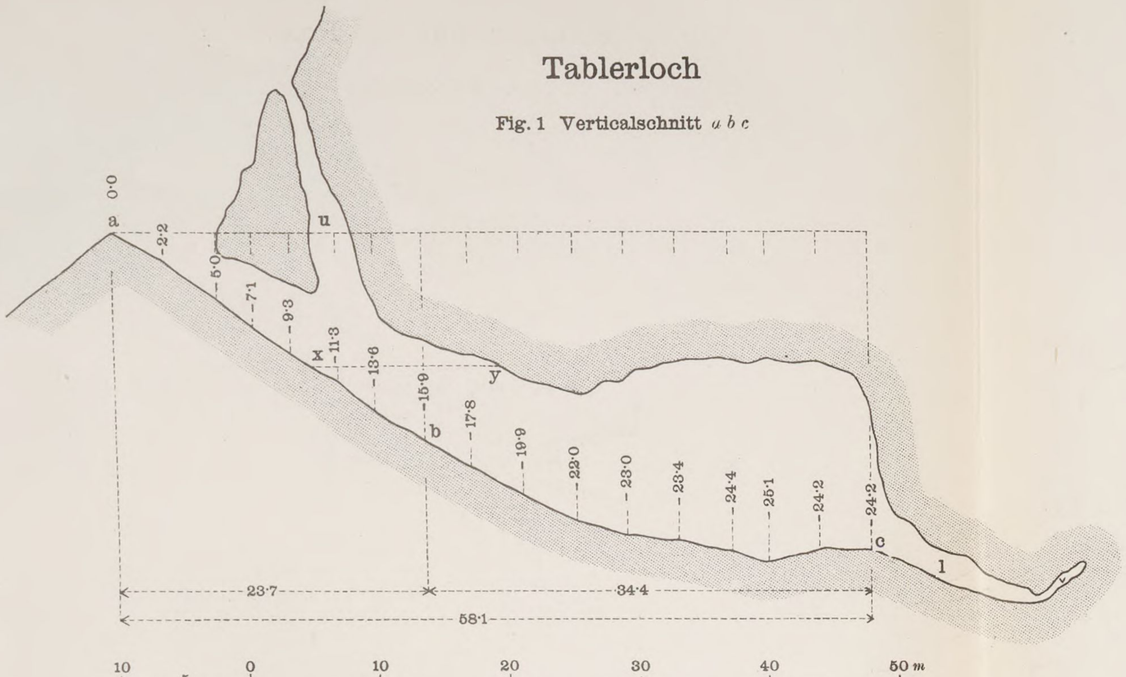
Fig. 17.

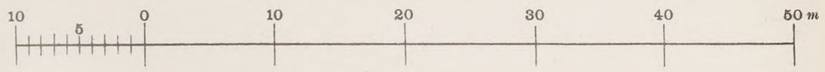


Photolithographie und Druck des k. und k. milit.-geogr. Institutes.

Tablerloch

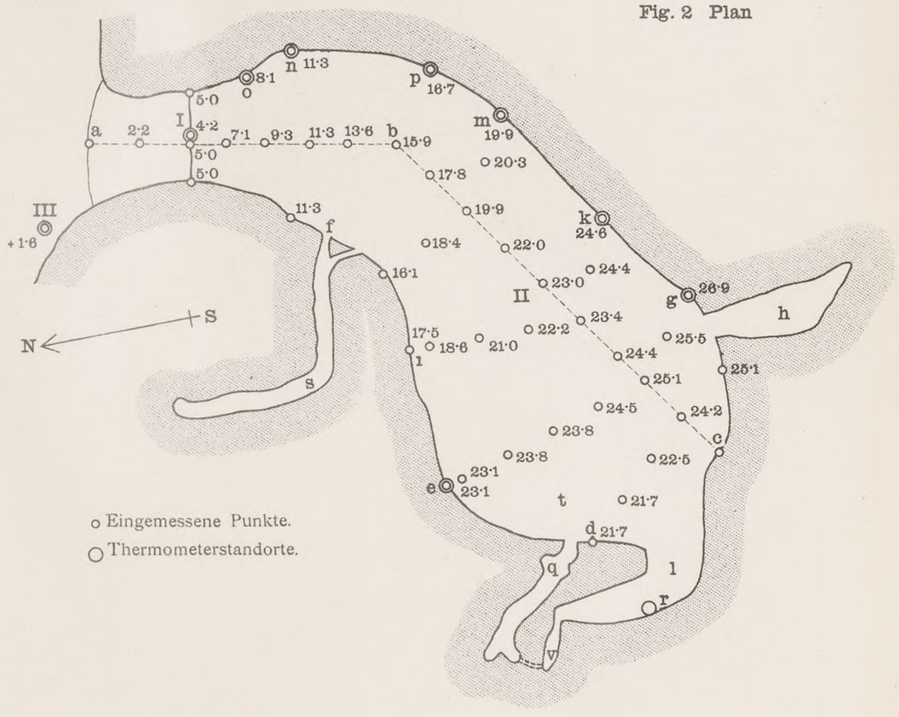
Fig. 1 Verticalschnitt *a b c*





Tablerloch

Fig. 2 Plan



Eiskeller auf der Rax

Fig. 3 Verticalschnitt

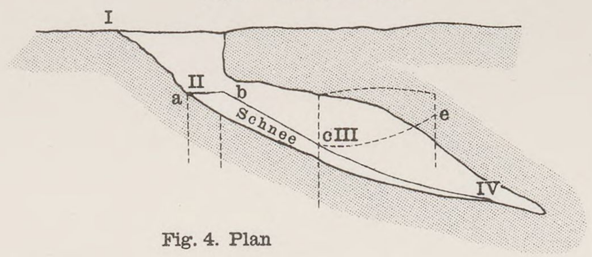
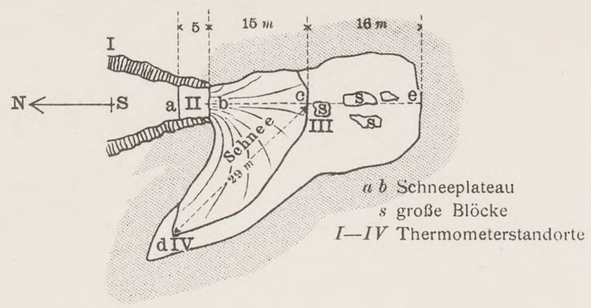


Fig. 4. Plan

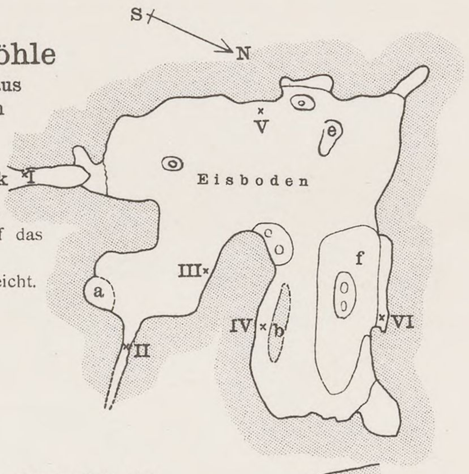


a b Schneeplateau
s große Blöcke
I—IV Thermometerstandorte

Beilsteinhöhle

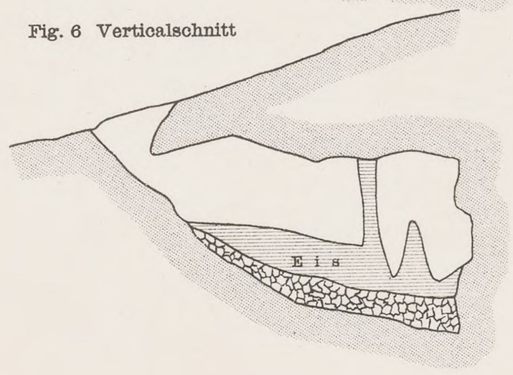
Nach **Fr. Kraus**

Fig. 5 Plan

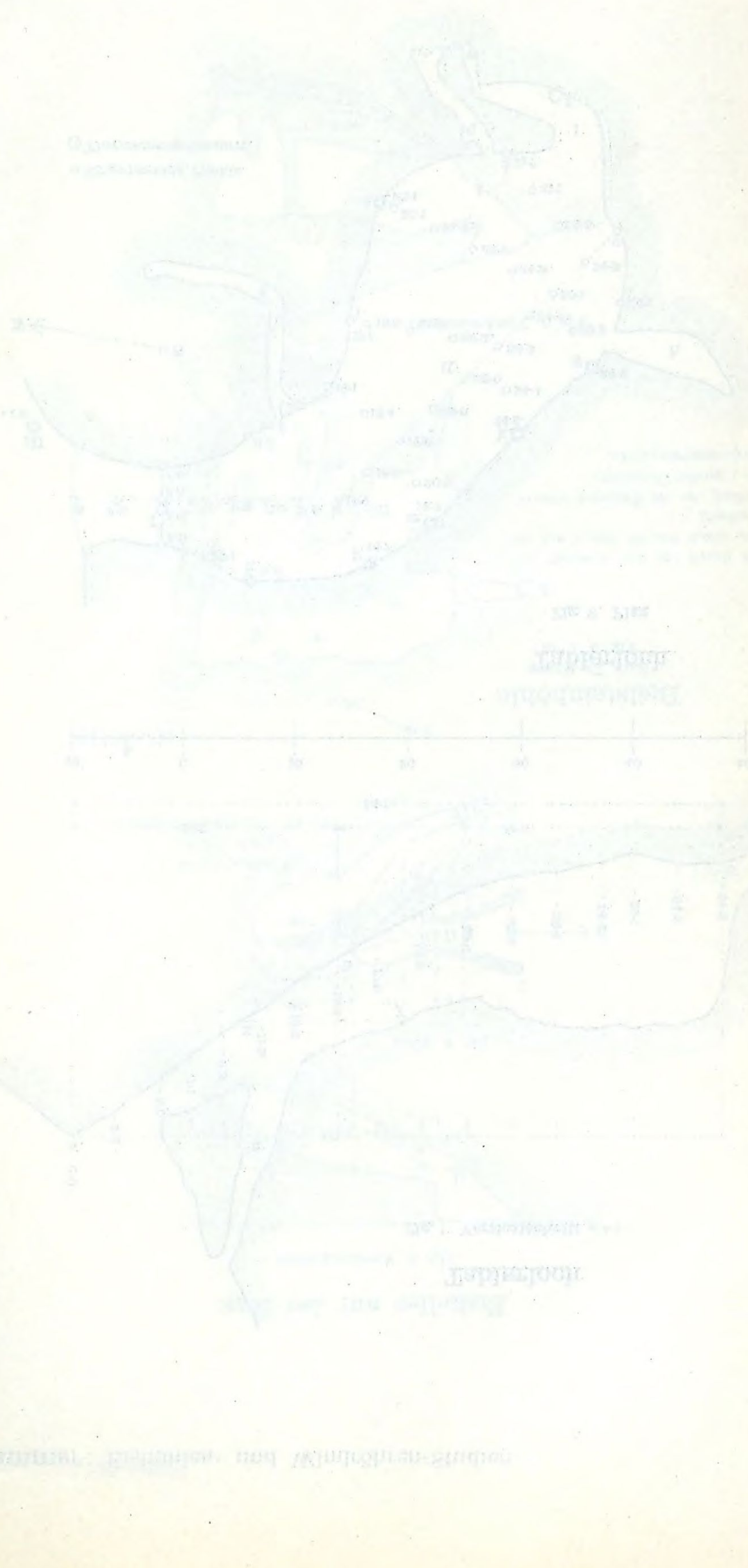


k Schacht, durch den man einsteigt.
a Schacht, durch den die Sonne auf das Eis scheint.
b Deckentheil, der die Eisfläche erreicht.
e kleiner, *f* großer Eisschlund.
I-VI Thermometerstandorte.

Fig. 6 Verticalschnitt

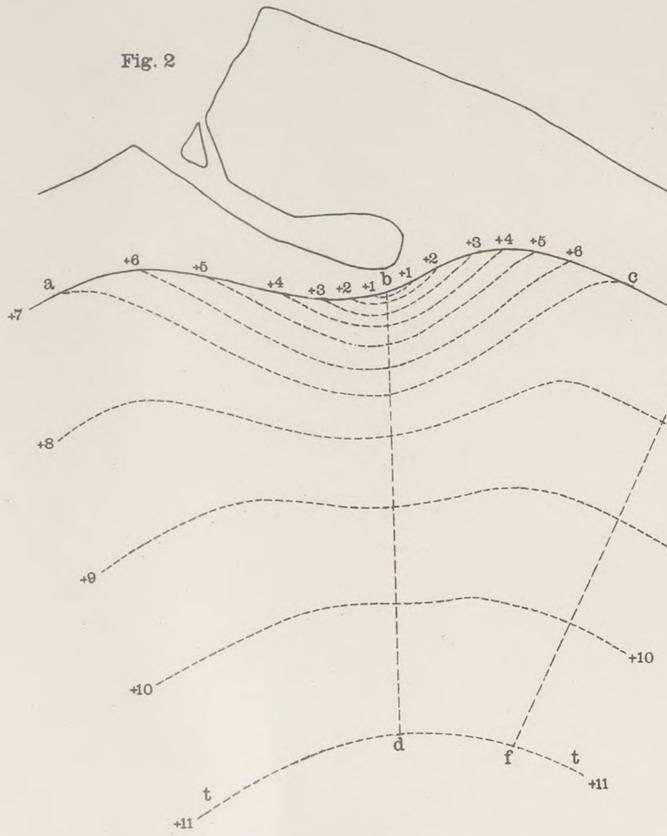


Photolithographie und Druck des k. und k. milit.-geogr. Institutes.



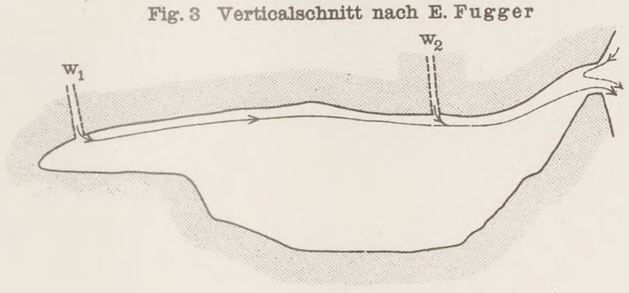
Geoisothermen

Fig. 2



Kolowratshöhle

Fig. 3 Verticalschnitt nach E. Fugger



Geoisothermen

Fig. 1

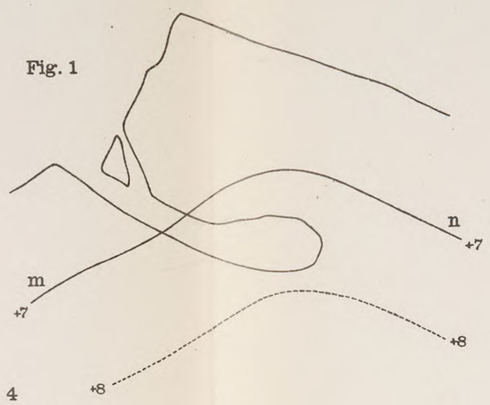
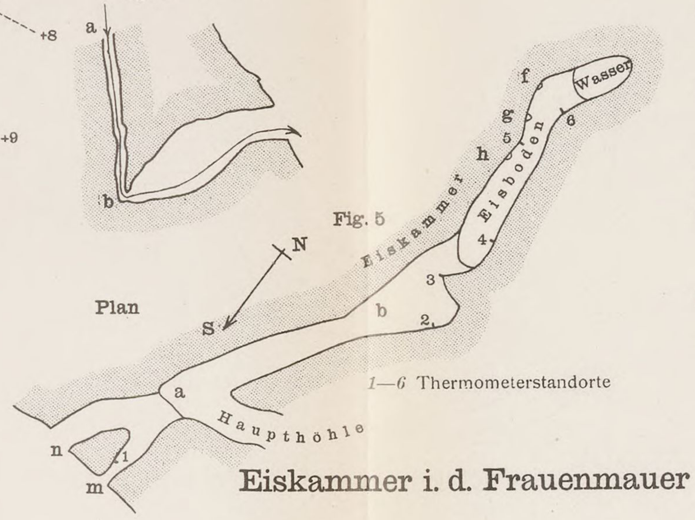


Fig. 4

Fig. 5



1—6 Thermometerstandorte

Eiskammer i. d. Frauenmauer

Fig. 6 Verticalschnitt

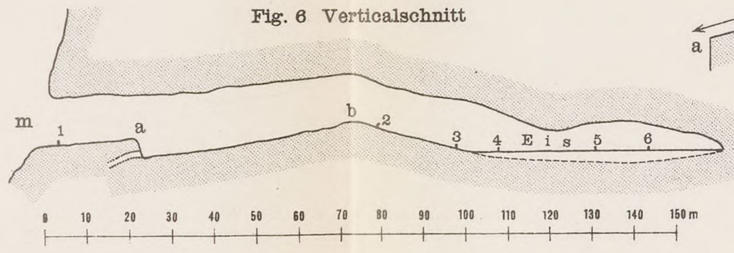


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

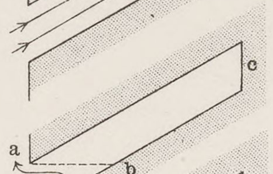


Fig. 10

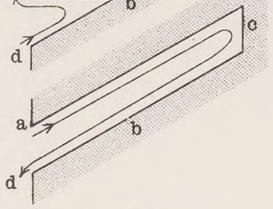


Fig. 11

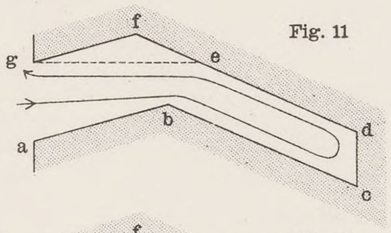
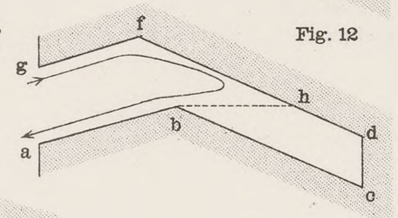


Fig. 12



Photolithographie und Druck des k. und k. milit.-geogr. Institutes.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Crammer, Hans,

Eishöhlen- und Windröhren-Studien

Wien 1899
4 Geo.u. 0 c-1,1/9
urn:nbn:de:bvb:12-bsb12021921-2